
Programm *Elektrizität*



Gekühlte Verpflegungsautomaten

Einfluss des Aufstellungsortes auf den Energieverbrauch an Hand von 2 Fallbeispielen

ausgearbeitet durch
Alois Huser
Encontrol GmbH
Römerweg 32, CH-5443 Niederrohrdorf

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Monat Jahr

Schlussbericht



Vertragsnummer: 73401
Projektnummer: 33426

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern
Fax 031 325 50 58

Form. 805.089.5 d

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	2
2	Zusammenfassung	2
3	Ausgangslage	6
4	Energieverbrauch bei gekühlten Getränke- und Warenautomaten	6
5	Vorgehen	7
6	Auswahl von repräsentativen Automaten	8
7	Untersuchungen und Messungen	9
7.1	<i>Messanordnung</i>	11
7.2	<i>Messungen am Getränkeautomat „Vendo“ von Coca-Cola</i>	12
7.2.1	<i>Klima während Messperiode</i>	12
7.2.2	<i>Leistungsmessung</i>	12
7.2.3	<i>Stromverbrauch während Messperiode</i>	13
7.2.4	<i>Innentemperatur</i>	14
7.2.5	<i>Einfluss der Aussentemperatur</i>	16
7.2.6	<i>Einfluss der Besonnung</i>	18
7.2.7	<i>Einfluss der Verkaufsmenge</i>	18
7.2.8	<i>Hochrechnung auf das Jahr</i>	19
7.3	<i>Messungen am Warenautomat „Wurlitzer“ von Selecta</i>	21
7.3.1	<i>Klima während Messperiode</i>	21
7.3.2	<i>Leistungsmessung</i>	21
7.3.3	<i>Innentemperatur</i>	22
7.3.4	<i>Stromverbrauch während Messperiode</i>	22
7.3.5	<i>Einfluss der Aussentemperatur</i>	23
7.3.6	<i>Einfluss der Besonnung</i>	25
7.3.7	<i>Hochrechnung auf das Jahr</i>	25
8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	27
9	Dank an beteiligte Firmen und Kontaktpersonen	27
10	Literaturverzeichnis	28
11	Anhang	29

1 Abstract

Deutsch:

Der Stromverbrauch und die Temperaturverhältnisse sind von einem Kaltgetränke- und einem gekühlten Warenautomaten, welche ausserhalb eines Gebäudes aufgestellt sind, kontinuierlich gemessen worden. Die Standorte der beiden untersuchten Automaten sind typisch bezüglich der Teilbeschattung von aussen aufgestellten Automaten.

Der Getränkeautomat des Typs „Vendo“ (Innentemperatur 4.5 °C) hat einen durchschnittlichen Stromverbrauch von 5.7 kWh pro Tag. Der gemessene Warenautomat „Wurlitzer“ (Innentemperatur 9 °C) benötigt pro Tag im Durchschnitt 7.4 kWh. Der Einfluss der Besonnung ist im Schweizer Klima sehr klein. Der Anteil der Kühlung am Gesamtstromverbrauch beträgt nur etwa 30 Prozent.

Für die optimale Energienutzung sollte in erster Linie versucht werden, die Grundlast des Stromverbrauchs für die Beleuchtung und Steuerung zu optimieren. So könnte die Beleuchtung nach der Aussenhelligkeit gesteuert werden und bei Tag ausgeschaltet werden. Das Netzteil und die Vorschaltgeräte der Lampen sollten mit energieeffizienten hochfrequenten elektronischen Komponenten ausgeführt werden.

Englisch:

The current consumption and the temperature conditions of a cold-drinks and a cooled-goods vending machine were constantly measured. The locations of the two machines investigated are typical in regard to the extent of partial shade.

The drinks machine of the type "Vendo" (internal temperature of 4.5 °C) has an average daily consumption of 5.7 kWh. The vending machine of the type "Wurlitzer" (internal temperature of 9 °C) has an average daily consumption of 7.4 kWh. The influence of the exposure to the sun is small in the Swiss climate. The share of the cooling in the total power consumption is only about 30 per cent.

For optimal use of energy, the primary approach should be to optimise the basic load of the current consumption for lighting and control purposes. By so doing, the lighting could be controlled by the external luminosity and be switched off during the day. The mains supply and the power supply units of the lamps should be executed with energy-efficient, high-frequency electronic components.

2 Zusammenfassung

Während 11 bzw. 22 Tagen sind der Stromverbrauch und die Temperaturverhältnisse von einem Kaltgetränke- und einem gekühlten Warenautomaten kontinuierlich gemessen worden. Die untersuchten Automaten sind teilweise der Sonnenbestrahlung ausgesetzt und befinden sich auf der Südseite von Gebäuden. Die lokale Temperatur beim Automaten ist gegenüber der Lufttemperatur am Schatten erhöht. Über einen Vergleich mit Stundenwerten einer fixen Meteostation wird der Stromverbrauch auf einen Jahresverbrauch hochgerechnet. Ausgehend von diesen zwei Fallbeispiele können keine Hochrechnungen auf den Gesamtverbrauch der aussen aufgestellten Automaten erstellt werden, da der berechnete Verbrauch nur für die

Umgebungsbedingungen der untersuchten Automaten gilt. Die Standorte der beiden untersuchten Automaten sind jedoch typisch bezüglich dem Umfang der Teilbeschattung.

Der Getränkeautomat des Typs „Vendo“ wird auf eine Innentemperatur von 4.5 °C gekühlt. Der Automat benötigt im Jahr am Schatten einen Strombedarf von rund 2'080 kWh¹, was einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 5.7 kWh entspricht. Bei durchschnittlichen Stromkosten von etwa 15 Rp./kWh ergeben sich Stromkosten von etwas über Fr. 300.- pro Jahr. Beim gemessenen Standort mit Teilbeschattung und Südausrichtung würde der Automat im Jahr rund 70 kWh mehr Strom benötigen (entspricht rund 3.5 %).

Der gekühlte Warenautomat des Typs „Wurlitzer“ benötigt im Jahr am Schatten einen Strombedarf von rund 2'700 kWh, was einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 7.4 kWh entspricht. Bei durchschnittlichen Stromkosten von etwa 15 Rp./kWh ergeben sich Stromkosten von etwa Fr. 400.- pro Jahr. Beim gemessenen Standort mit Teilbeschattung und Südausrichtung würde der Automat im Jahr rund 217 kWh mehr Strom benötigen (entspricht rund 8 %).



Abb. 2.1: Stromverbrauchsanteile verschiedener Komponenten beim Vendo-Gerät

Abb. 2.2: Stromverbrauchsanteile versch. Komponenten beim Wurlitzer-Gerät

Der Anteil der Kühlung am Gesamtstromverbrauch ist kleiner als erwartet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die untersuchten Automaten nur teilweise der Sonne ausgesetzt sind. Der Anteil der Kühlung bei vollständig der Sonne ausgesetzten Automaten ist sicher grösser. Die untersuchten Standorte mit einer Teilbeschattung sind aber typisch für aussen aufgestellte Automaten.

Für die optimale Energienutzung sollte in erster Linie versucht werden, die Grundlast des Stromverbrauchs für die Beleuchtung und Steuerung zu optimieren. So könnte die Beleuchtung nach der Aussenhelligkeit gesteuert und bei Tag ausgeschaltet werden. Das Netzteil und die Vorschaltgeräte der Lampen sollten mit energieeffizienten hochfrequenten elektronischen Komponenten ausgeführt werden.

Der Automat sollte so gebaut sein und aufgestellt werden, dass ein geringer Kühlbedarf entsteht. Dies wirkt sich positiv auf die Lebensdauer des Kühlaggregats aus und bei Ausfall desselben wird der Komfort länger hochgehalten. Die Beschattung ist besonders für Warenautomaten mit durchsichtiger Frontscheibe zu empfehlen.

¹ Zum Vergleich: ein durchschnittlicher 2-Personen-Haushalt benötigt in der Schweiz etwa 2'500 kWh pro Jahr.

Summary: Cold-drink and cooled-goods vending machines - influence of the site location on energy consumption on the basis of two case studies

During a period of 11 and 22 days respectively the current consumption and the temperature conditions of a cold-drinks and a cooled-goods vending machine were constantly measured. The machines investigated are partly subject to solar radiation and are located on the south side of buildings. Compared to the air temperature in the shade the local temperature in the machines is elevated. By means of a comparison with the hourly values of a fixed meteorological station the current consumption for a year of consumption is extrapolated. No extrapolations for total consumption of machines installed externally can be prepared from these two case studies as the calculated consumption is only applicable for the environmental conditions of the machines investigated. However, the locations of the two machines investigated are typical in regard to the extent of partial shade.

The drinks machine of the type "Vendo" is cooled to an internal temperature of 4.5 °C. During the year the machine in the shade has a current requirement of about 2,080 kWh², which corresponds to an average daily consumption of 5.7 kWh. With average current costs of about 15 Rp./kWh current costs of approximately more than Fr. 300 per year are yielded. In the location measured with partial shade and a southern orientation the machine would require about 70 kWh more per year (equivalent to about 3.5 %).

The vending machine of the type "Wurlitzer" is cooled to an internal temperature of 9 °C. During the year the machine in the shade has a current requirement of about 2,700 kWh, which corresponds to an average daily consumption of 7.4 kWh. With average current costs of about 15 Rp./kWh current costs of approximately more than Fr. 400 per year are yielded. In the location measured with partial shade and a southern orientation the machine would require about 217 kWh more per year (equivalent to about 8 %).

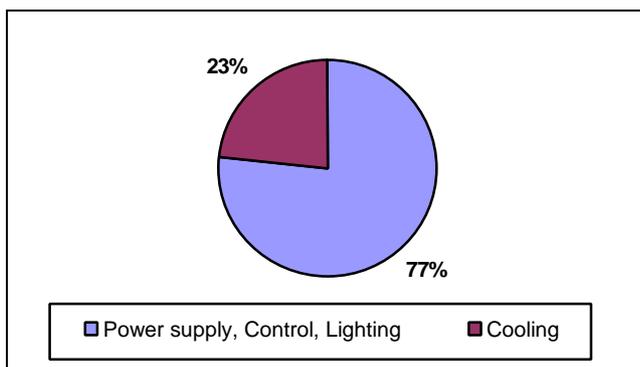


Abb. 2.1: The share of the cooling:
Vending machine type Vendo

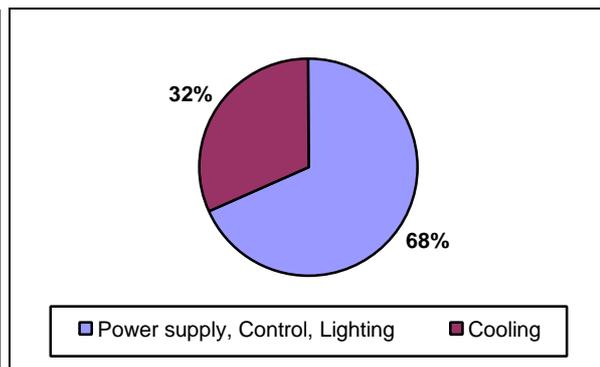


Abb. 2.2: The share of the cooling:
Vending machine type Wurlitzer

The share of the cooling in the total current consumption is smaller than expected. But here one should take into consideration that the machines investigated are only partially exposed to the

² As a comparison: in Switzerland an average 2-person household requires about 2,500 kWh per year.



sun. The share of the cooling for machines fully exposed to the sun is certainly greater. However, the locations investigated with partial shading are typical for machines installed outside.

For optimal use of energy, the primary approach should be to optimise the basic load of the current consumption for lighting and control purposes. By so doing, the lighting could be controlled by the external luminosity and be switched off during the day.

The mains supply and the power supply units of the lamps should be executed with energy-efficient, high-frequency electronic components.

The machines should be designed and installed in such a way that less cooling requirement arises. This will have a positive effect on the service life of the cooling unit and in the event of its dropout the comfort level will be maintained for a longer period. Shading is to be recommended especially for goods-vending machines with transparent front windows.

3 Ausgangslage

Die Studie „Energieverbrauch von Automaten und Energiesparmöglichkeiten“ [Bfe 98] hat gezeigt, dass die Kaltgetränke- und die gekühlten Warenautomaten in der Schweiz (ca. 16'000 Geräte) einen Energieverbrauch von etwa 46 GWh pro Jahr verursachen. In der erwähnten Studie wurde vorgeschlagen, im Bereich der gekühlten Getränke- und Warenautomaten weitere Untersuchungen zu starten, wie zum Beispiel der Einfluss der Beschattung auf aussen aufgestellte Automaten.

Gemäss [Bfe 97] beträgt der Stromverbrauch eines gekühlten Getränkeautomaten bei konstanten Umgebungstemperaturen von 20 °C und einer Innentemperatur von 11 °C etwa 3 kWh/Tag. Ein gekühlter Snackautomat mit einer Innentemperatur von 5 °C hat dagegen einen durchschnittlichen Stromverbrauch von 7 bis 13 kWh/Tag.

Beim Kaltgetränkeautomaten hat die Aussentemperatur gemäss theoretischen Überlegungen einen grossen Einfluss auf den Stromverbrauch. Im öffentlichen Bereich stehen viele Automaten ausserhalb von Gebäuden (Bahnhöfe, Parkplätze von Einkaufszentren, Tankstellen usw.). In diesem Bereich sind vor allem auch gekühlte Snack-Automaten mit durchsichtiger Front (Präsentation der Ware wichtig) im Einsatz.

Mit der vorliegenden Studie sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie gross ist der Einfluss des Standortes auf den Stromverbrauch (besonnt/beschattet)?
- Sind daraus Empfehlungen für den Aufstellungsort oder für Beschattungshilfen abzuleiten?

4 Energieverbrauch bei gekühlten Getränke- und Warenautomaten

Die folgenden Komponenten eines Automaten benötigen Strom:

- Netzteil
- Steuerung
- Beleuchtung
- Ventilator
- Kältemaschine

Die Beleuchtung ist bei den meisten Automaten dauern in Betrieb. Der Verbrauch für die Komponenten Netzteil, Steuerung, Beleuchtung und Ventilator kann zeitlich als konstant angenommen werden. Die Kältemaschine schaltet temperaturgesteuert ein und aus. Der Stromverbrauch der Kältemaschine hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab:

Umgebungs- und Betriebsbedingungen:

- Eingestellte Solltemperatur im Innern
- Temperaturverteilung im Innern
- Temperatur und Feuchtigkeit der Aussenluft

- Sonneneinstrahlung
- Anzahl verkaufte Getränke oder Waren pro Zeiteinheit
- Menge und Temperatur der eingefüllten Waren
- Reinigung des Kondensators der Kältemaschine

Grösse und Konstruktion des Automaten:

- Volumen
- Verhältnis Oberfläche zu Volumen
- Isolation
- Absorptionsverhalten bezüglich Sonnenstrahlen der Oberfläche (z. B. Farbwahl)
- Energiedurchlassgrad und Frequenzabhängigkeit einer durchsichtigen Frontscheibe
- Leistung und Wirkungsgrad der Kältemaschine
- Beleuchtung im gekühlten Raum (v. a. bei Warenautomaten)

Die Sonneneinstrahlung hat auf verschiedene Wege einen Einfluss auf den Kühlbedarf. Einerseits ist die lokale Temperatur der Luft erhöht, was den Wirkungsgrad der Kältemaschine senkt und damit die Energieverluste ansteigen. Andererseits wird die Oberfläche des Automaten erwärmt, so dass der Wärmedurchgang durch die Automatenhülle vergrössert wird. Bei einem Warenautomaten mit durchsichtiger Frontscheibe kommt noch die Infrarotstrahlung dazu, welche den Innenraum zusätzlich aufheizt.

5 Vorgehen

1. Definition Messziel und Umgebungsbedingungen. Evaluation von Kriterien für die Messkampagne, damit aussagekräftige Resultate zu erwarten sind.
2. Motivation von zwei Automatenbetreibern: Selecta AG, Coca Cola Beverages AG
3. Identifikation repräsentativer Fälle
4. Organisation und Planung des Einsatzes von Steuer- und Messgeräten
5. Messung des Stromverbrauchs und der Umgebungsbedingungen
6. Auswertungen der Messungen
7. Hochrechnungen der Messresultate auf bestimmte Fragestellungen (z. B. Jahresverbrauch)
8. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6 Auswahl von repräsentativen Automaten

Die Frage „Wie gross ist der Einfluss des Standortes auf den Stromverbrauch (örtliches Klima, besonnt/beschattet)?“ soll durch diese Untersuchung beantwortet werden.

Die Firma Selecta betreibt etwa 1'400 gekühlte Warenautomaten im sogenannten „Public Vending“. Dies sind Automaten der Marke „Wurlitzer B650“. Diese werden zur Zeit kontinuierlich ersetzt durch eine neue Generation von Automaten des Typs „Wurlitzer Snack BL-HS/London“. In dieser Studie wird ein Automat dieses Typs gemessen. Die Firma „Coca-Cola Beverages AG“ betreibt etwa 450 Automaten im Aussenbereich. Sie setzt vor allem Automaten der Marke „Vendo“ ein. Diese beiden für die Schweiz dominierenden Automatentypen werden an zwei Standorten untersucht.

Die beiden Standorte in Dietlikon und Ostermundigen können als typisch bezeichnet werden. Sie weisen folgende Merkmale auf:

- Agglomeration
- Tankstelle, Nähe Bahnhof
- Halbschatten
- Front: Südausrichtung

Der Stromverbrauch ist von sehr vielen Faktoren abhängig. Die vorgenommenen Messungen geben zwar Hinweise für Abhängigkeiten; die Resultate gelten aber genau genommen nur für die gemessenen Automaten an diesen Standorten und zu diesen bestimmten Messperioden. Die Hochrechnungen ab diesen Messungen werden mit einigen Vereinfachungen durchgeführt und können wegen der kleinen Anzahl von Standorten und der kurzen Messdauer nicht als repräsentativ gelten. Trotzdem können mit genügender Genauigkeit erste Erkenntnisse über die Abhängigkeit des Stromverbrauchs vom Aussenklima gewonnen werden. Genauere Untersuchungen (längere Messperioden, mehr Standorte, mehr Parameter) würden die Erkenntnisse und Genauigkeit vertiefen, die Grundaussagen aber wahrscheinlich nicht verändern.

7 Untersuchungen und Messungen

Die folgenden Standorte und Automaten werden gemessen:

Kaltgetränkeautomat:



Abb. 7.1: Gemessener Getränkeautomat Typ Vendo 217

Typ	Vendo 217
Kapazität/Volumen	216 Glasflaschen, 180 ½ Liter-PET-Flaschen
Brutto-Volumen	Breite x Tiefe x Höhe: 0.85 x 0.75 x 1.85 m = 1.18 m ³
Standort	Vor Gebäude Coca-Cola Beverages, Verkauf Schweiz in Dietlikon
Ausrichtung	Front: Südrichtung
Kompressor	elektrische Leistung 450 W, 0.24 kg 134A

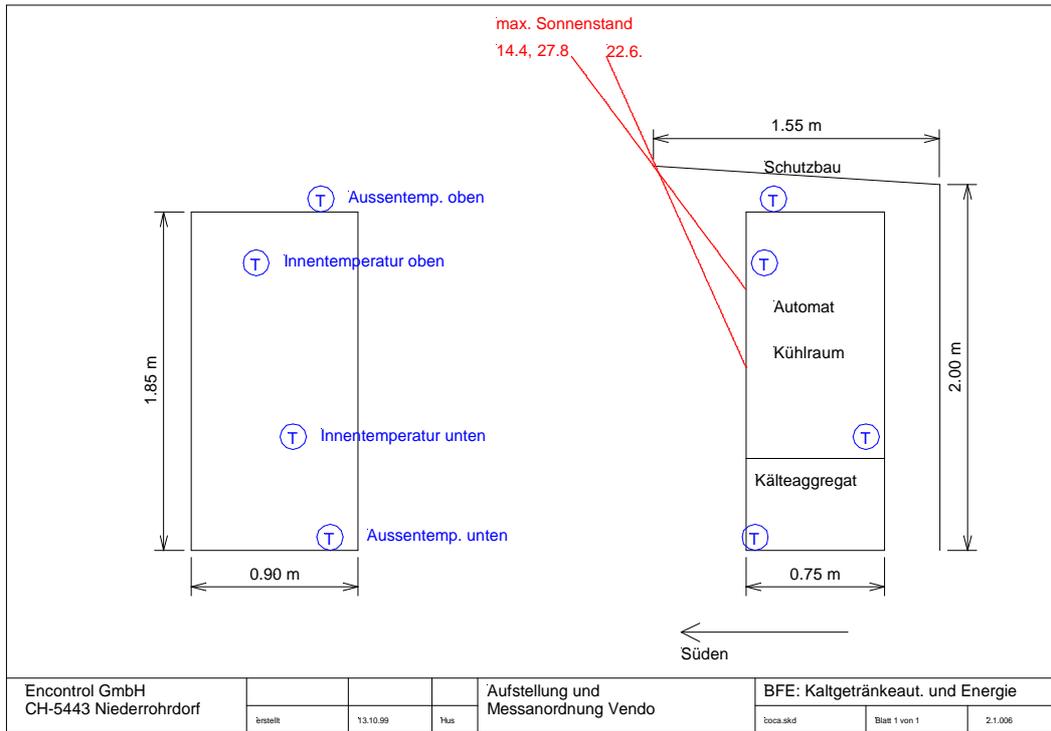


Abb. 7.2: Örtliche Anordnung und Messstellen

Warenautomat:



Abb. 7.3: Gemessener Getränkeautomat Typ Wurlitzer

Typ	Wurlitzer Snack BL-HS/London Die Front besteht aus einer durchsichtigen Scheibe mit Wärmeschutzverglasung, welche die Sicht auf das Warenangebot ermöglicht.
Kapazität/Volumen	B x T x H: 0.8 x 0.75 x 1.2 = 0.72 m ³ Inhalt Lagervolumen
Standort	Bei Garage in Ostermündingen
Ausrichtung	Front: Südwest
Kompressor	600 W/ Kältemittel: 470 g R134a

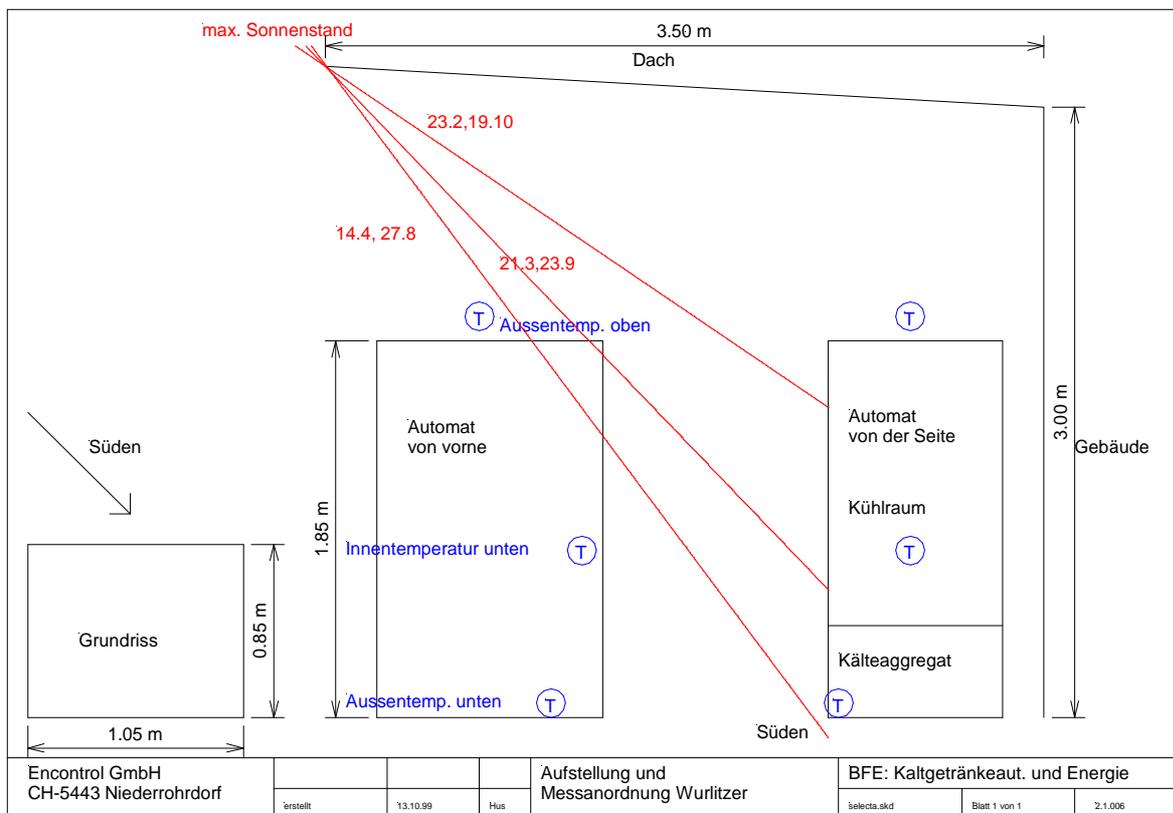


Abb. 7.4: Örtliche Anordnung und Messstellen

7.1 Messanordnung

Die folgenden Grössen wurden kontinuierlich aufgezeichnet:

- Strombezug: Intervall 5 Minuten
- Aussentemperatur oben am Automaten: Intervall 5 Minuten
- Aussentemperatur unten am Automaten an der besonnten Front: Intervall 5 Minuten
- Innentemperatur: Intervall 5 Minuten

Verwendete Messgeräte:

Strommessgerät: EMU 1.28 Ki mit Impulsausgang
 Impulszählung: Datalogger SatelLite-U von Mitec
 Temperaturen: Datalogger SatelLite-T8 von Mitec; Thermistor-Sensor -40 bis +80 °C, Genauigkeit +/- 0.3 °C

7.2 Messungen am Getränkeautomat „Vendo“ von Coca-Cola

7.2.1 Klima während Messperiode

Die Messung dauerte vom 19. bis zum 30. Juli in Dietlikon.

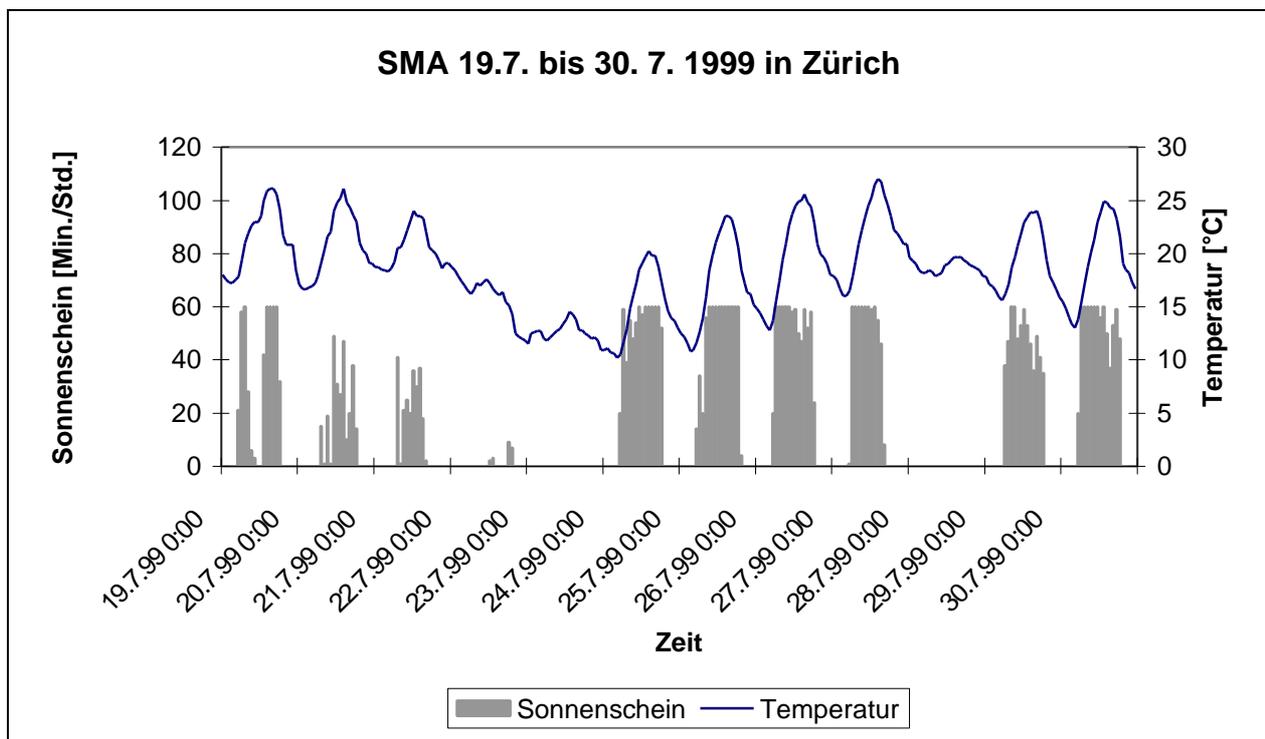


Abb. 7.5: Stundenmitteltemperaturen und Sonnenscheindauer vom 19. bis zum 30. Juli in Zürich (Daten von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA))

Vom 22. bis zum 24. herrschte für den Monat Juli ungewöhnlich tiefe Temperaturen. Vom 24. bis zum 27. sowie vom 29. bis 30. schien die Sonne bei sommerlichen Temperaturen. Das Temperaturmittel vom 19. bis zum 30. Juli betrug 18.5 °C. Die Sonne schien während der Messperiode total 86 Stunden, was einem Tagesdurchschnitt von 7.8 Stunden entspricht.

7.2.2 Leistungsmessung

Durch gezieltes Ausschalten wurde die Leistung einzelner Komponenten gemessen:

Netzteil, Steuerung, Ventilator	52 W	
Beleuchtung (2 x 58 W)	130 W	
Kompressor	264 W	398 VA (cos f = 0.67)
Total	446 W	

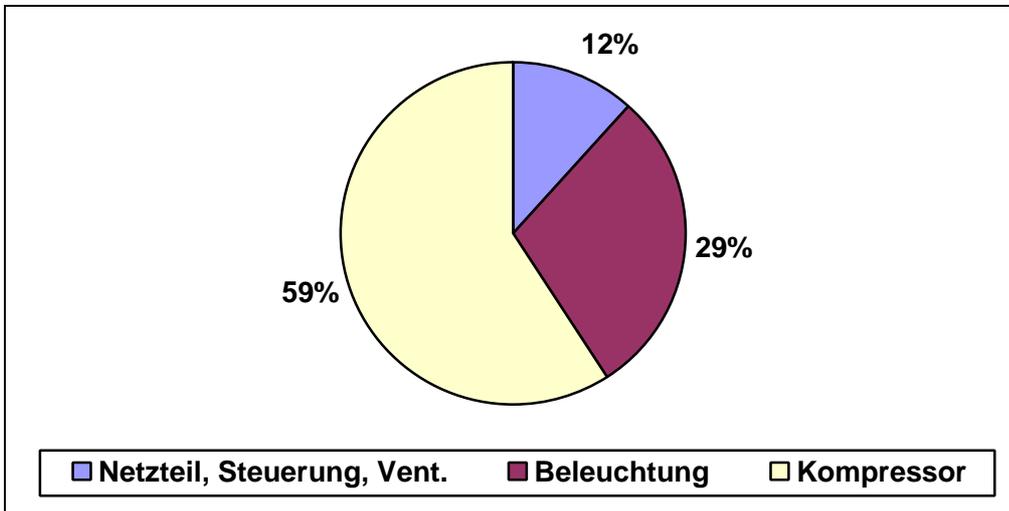


Abb. 7.6: Anteil der elektrischen Leistung verschiedener Komponenten

7.2.3 Stromverbrauch während Messperiode

Vom 19.7. bis zum 30.7. 1999 ist der Automat während rund 264 Stunden kontinuierlich vermessen worden. Der Stromverbrauch in diesen 11 Tagen betrug 75.4 kWh (131 kVA, cos f = 0.58), was einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 6.9 kWh entspricht. Die Messungen sind im Anhang 2 detailliert dokumentiert.

Die Aufteilung auf die einzelnen Komponenten sieht folgendermassen aus (mit guter Näherung kann angenommen werden, dass der Verbrauch der Komponenten Netzteil, Steuerung, Beleuchtung und Ventilator konstant ist):

Netzteil, Steuerung, Ventilator	13.7 kWh
Beleuchtung	34.3 kWh
Kompressor	27.4 kWh
Total	75.4 kWh

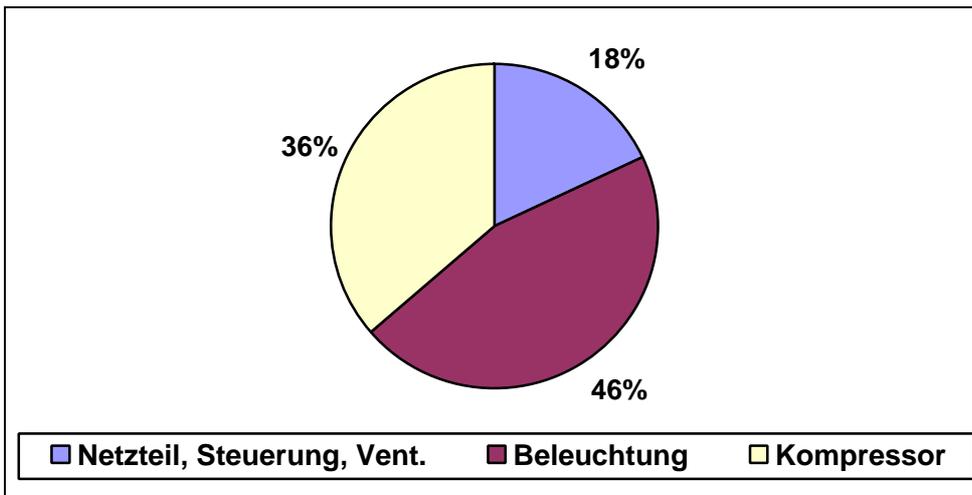


Abb. 7.7: Anteil des Stromverbrauchs verschiedener Komponenten

7.2.4 Innentemperatur

Die Kältemaschine schaltet nach der Temperatur im unteren Teil des Automaten bei Austritt der Luft aus dem Verdampfer. Die folgende Grafik zeigt diesen Temperaturverlauf bei Aussentemperaturen von 22.5 °C:

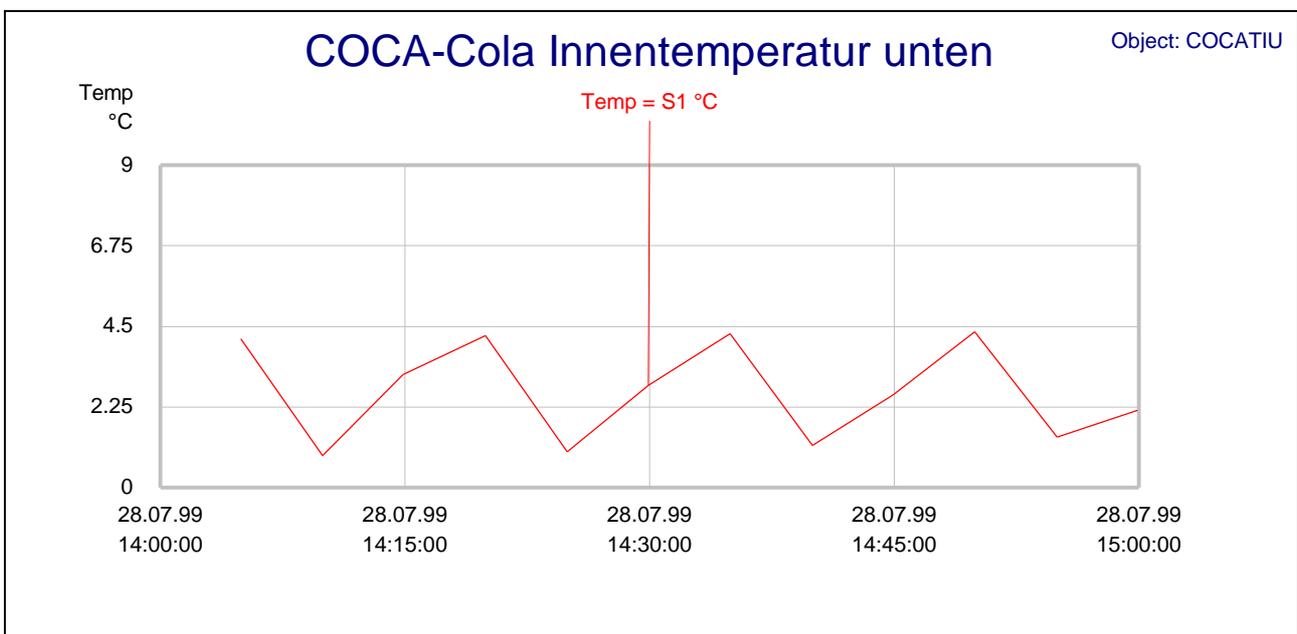


Abb. 7.8: Temperaturverlauf im unteren Teil des Automaten bei Aussentemperaturen von 22.5 °C

Der Kompressor schaltet bei ca. 4.5 °C ein und bei etwa 1 °C wieder aus. Die Einschaltdauer beträgt etwa 5 Min. und die Auszeit etwa 10 Minuten.

Bei Aussentemperaturen von 33 °C sieht der Temperaturverlauf folgendermassen aus:

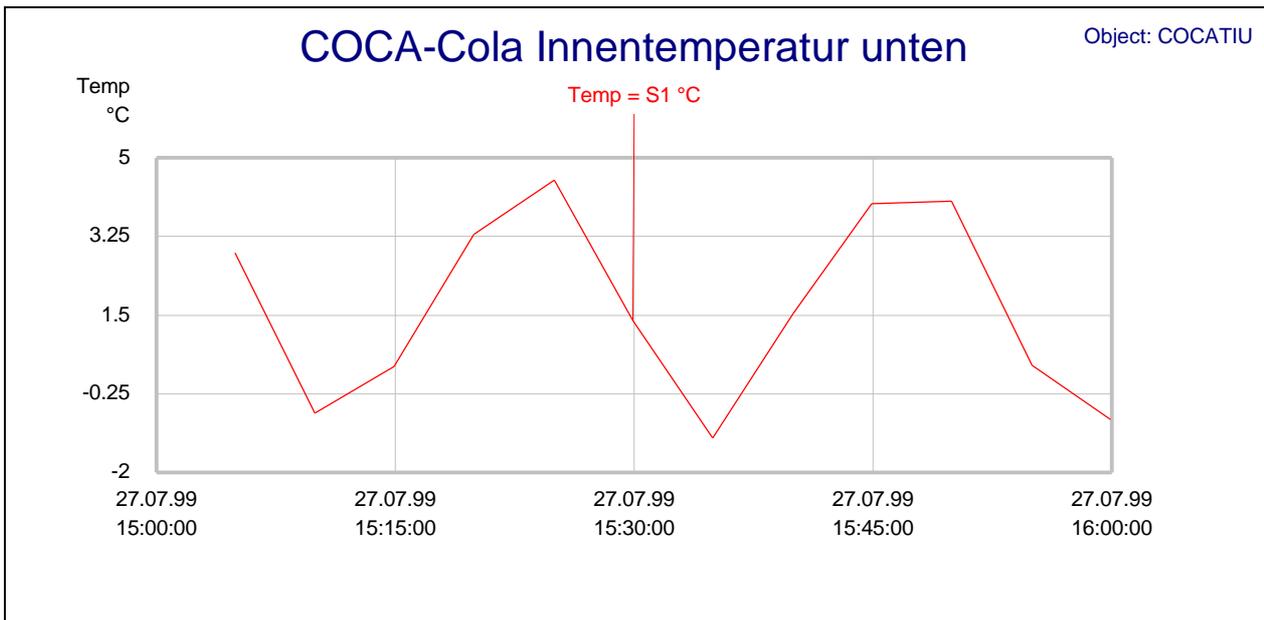


Abb. 7.9: Temperaturverlauf im unteren Teil des Automaten bei Aussentemperaturen von 33 °C

Der Kompressor schaltet bei ca. 4.5 °C ein und bei etwa -1 °C wieder aus. Die Einschaltdauer beträgt etwa 11 Min. und die Auszeit etwa 14 Minuten.

Die Temperatur im oberen Teil hat aber einen anderen Verlauf und ist viel höher, was die folgende Messung zeigt:

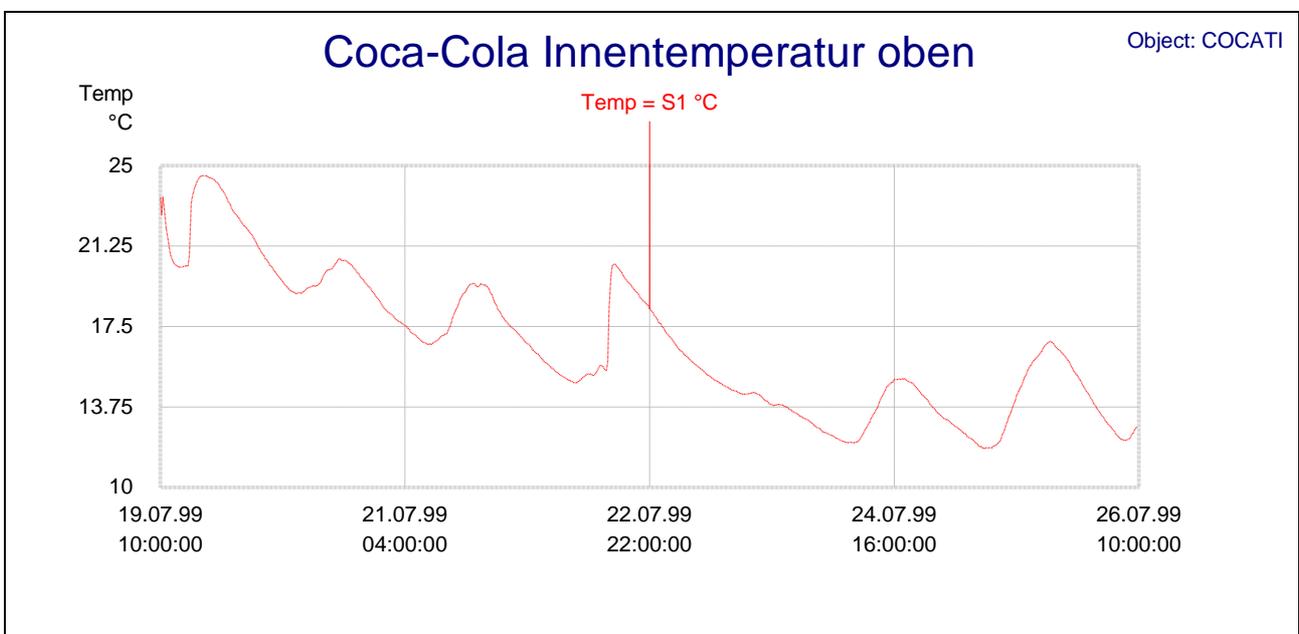


Abb. 7.10: Temperaturverlauf im oberen Teil des Automaten

Deutlich sind die Auffüllvorgänge am 19.7 und am 22. 7. zu sehen:

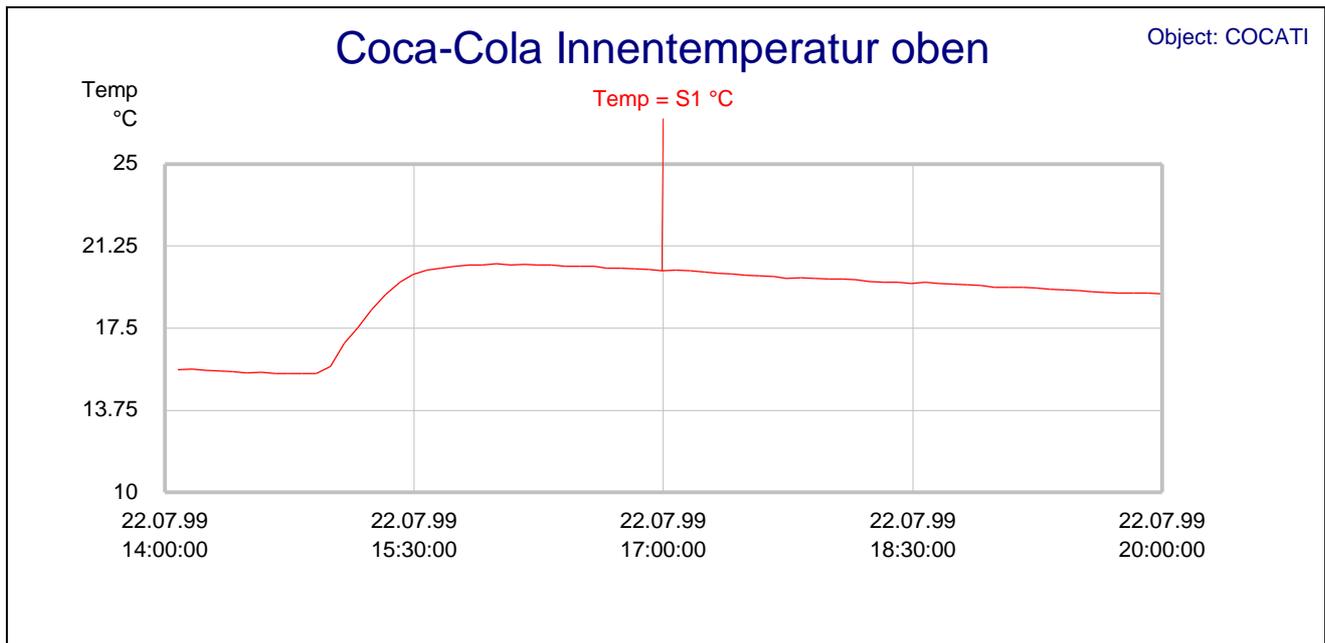


Abb. 7.11: Temperaturverlauf im oberen Teil des Automaten bei einem Auffüllvorgang

Obwohl die Kältemaschine noch freie Kapazitäten besitzt, kann der obere Teil nicht auf die gewünschte Temperatur gekühlt werden. Wahrscheinlich ist die Luftzirkulation für die geforderte Kühlleistung ungenügend und die Kältemaschine kann die maximale Leistung nicht abgeben. Die Entnahme der Flaschen erfolgt unten, wo die Temperatur tief liegt. Falls pro Zeiteinheit nur wenige Flaschen entnommen werden, entspricht die Temperatur der Getränke der geforderten Solltemperatur von 5 °C. Eine Messung der Getränketemperatur bestätigt dies und ergab einen Wert von 4.8 °C. Es sollte weiter untersucht werden, ob bei starkem Verkaufsabsatz (z. B. in einem Schwimmbad) die geforderte Getränketemperaturen eingehalten werden können.

7.2.5 Einfluss der Aussentemperatur

Die Kühlleistung der Automaten ist einerseits von der Temperatur der Luft abhängig und andererseits von der Energie, welche über die direkte Sonneneinstrahlung auf die Oberfläche des Automaten gelangt. In einer erster Auswertung wird die durchschnittliche elektrische Stundenleistung in W in Abhängigkeit der Aussentemperatur analysiert (Anhang 2). Der Leistungsbezug steigt durchschnittlich etwa 3.3 W an pro Grad Celsius. Dieser Wert wird im Folgenden als Leistung/Temperatur-Kennwert bezeichnet.

Der folgende Vergleich zwischen den Temperaturmessungen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) in Zürich und der lokalen Temperatur am Automaten zeigt, dass die Sonneneinstrahlung lokal beim Automaten zu erhöhten Temperaturen führt:

Datum	Min. SMA	Min. lokal	Max. SMA	Max. lokal	Mittel SMA	Mittel lokal
27.7.	16.0 °C	15.6 °C oben 18.2 °C unten	26.8 °C	34.4 °C oben 34.9 °C unten	21.5 °C	24.3 °C oben 26.0 °C unten
28.7	17.9 °C	19.1 °C oben 21.1 °C unten	19.7 °C	22.4 °C oben 23.8 °C unten	18.8 °C	20.8 °C oben 22.4 °C unten
29.7	15.6 °C	16.0 °C oben 17.9 °C unten	23.9 °C	29.2 °C oben 31.4 °C unten	19.3 °C	22.0 °C oben 24.0 °C unten
19.-30.7					18.5 °C	20.8 °C oben 22.3 °C unten
19.-30.7 (>20 Min. Sonne/h = 101 h)					21.3 °C	23.9 °C oben 25.5 °C unten
19.-30.7. (<20 Min. Sonne/h= 176 h)					17.0 °C	19.3 °C oben 20.8 °C unten

Tab. 7.1: *Temperaturmessungen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) in Zürich und der lokalen Temperatur am Automaten*

Die lokalen Temperaturen sind bei der unteren Messung um 1.5 bis 2 °C höher. Der Grund liegt bei der direkten Sonneneinstrahlung und der unmittelbaren Nähe zum Boden.

An einem sonnigen Tag (27.7. siehe obige Tabelle) ergibt sich lokal oben eine um 2.8 °C höhere Tagesmitteltemperatur. Unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung ergab sich bei der oberen Messung am gleichen Tag eine maximale Temperaturerhöhung von 7.6 °C. Während der gesamten Messdauer beträgt die durchschnittliche lokale Temperaturerhöhung an Stunden mit weniger als 20 Minuten Sonnenschein 2.3 °C (oben am Automat im Schatten) und 3.8 °C (unten am Automat in der Sonne). Für die weiteren Berechnungen wird der Mittelwert dieser beiden Zahlen genommen: 3.05 °C.

Für die Berechnung des zusätzlichen Stromverbrauchs wegen der lokalen Lufttemperaturerhöhung wird die folgende Formel verwendet:

E Stromverbrauch in kWh
 Temp mittlere Temperaturerhöhung über die Messperiode zwischen den Messdaten der SMA am Schatten und der lokalen gemessenen Temperatur [°C]
 h Anzahl Stunden während der Messperiode
 PT Leistung/Temperatur-Kennwert: spezifischer elektrischer Stundenleistungsanstieg in Abhängigkeit der Aussentemperatur [W/ °C]

$$E = h * Temp * PT / 1000$$

$$2.7 \text{ kWh} = 264 \text{ Stunden} \times 3.05 \text{ °C} \times 3.3 \text{ W/°C} / 1000$$

Dies entspricht etwa 3.6 % des gesamten Stromverbrauchs des Automaten oder 10 % des Verbrauchs der Kältemaschine.

Der zusätzliche Energiebedarf an diesem Standort während der Messperiode ist gemäss diesem vereinfachten Vergleich zu einem Standort ganz am Schatten nur sehr gering.

7.2.6 Einfluss der Besonnung

Die Front des Automaten ist bei höchstem Sonnenstand zu etwa 2/3 der Fläche von der Sonne beschienen. Die Auswertung im Anhang 4 zeigt den elektrischen Leistungsbezug und die Temperatur während drei typischen Tagen. Der erste und dritte Tag ist sonnig und der zweite bedeckt. Der elektrische Leistungsbezug korreliert stark mit dem Temperaturverlauf. Der Automat ist während der Messperiode von 9.00 bis 21.00 Uhr der Sonne ausgesetzt.

Die Temperaturerhöhung vor Ort an 88 sonnigen Stunden³ beträgt im Durchschnitt 2.6 °C oben und 4.2 °C unten am Automaten (Durchschnitt 3.4 °C).

Die Temperaturerhöhung vor Ort an 176 Stunden ohne Sonne beträgt im Durchschnitt 2.3 °C oben und 3.8 °C unten am Automaten (Durchschnitt 3.05 °C).

Im Anhang 2 ist die elektrische Leistung analysiert an Stunden mit und an Stunden ohne Sonnenschein. Die Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Temperatur beträgt (Leistung/Temperatur-Kennwert):

- Über die ganze Messperiode 3.3 W/°C
- Bei Sonnenschein 4 W/°C
- Ohne Sonnenschein 3.3 W/°C

Die Unterschiede beim Leistung/Temperatur-Kennwert sind klein, was darauf hindeutet, dass neben der Lufttemperaturerhöhung die zusätzlichen Einflüsse der Sonnenbestrahlung nicht sehr bedeutend sind.

7.2.7 Einfluss der Verkaufsmenge

Zwischen dem 22. 7 und dem 26. 7 sind total 139 Flaschen verkauft worden und vom 26.7. bis zum 30. 7 weitere 54 Flaschen.

Zu folgenden Zeitpunkten ist der Automat mit Flaschen mit Umgebungstemperatur aufgefüllt worden:

- 19.7. 16.00
- 22.7 15.00
- 29.7. 14.00

Die Auswertung der elektrischen Leistungsbezüge während diesen zwei Perioden mit unterschiedlichen Verkaufszahlen ergibt keine signifikanten Unterschiede (siehe Auswertung Anhang 5)

³ Als sonnige Stunden werden Stunden mit mehr als 20 Minuten Sonnenschein gezählt.

7.2.8 Hochrechnung auf das Jahr

Auf Grund der durchschnittlichen Stundentemperaturwerte und der Sonnenscheindauer über das Jahr für Zürich 1998 (Daten SMA) wird der Verbrauch hochgerechnet. Im Jahr 1998 betrug die Durchschnittstemperatur 9.63 °C. Die totale Sonnenscheindauer betrug 1609 Stunden, was einer tägliche Durchschnittsdauer von 4.4 Stunden entspricht.

Mit der Berechnungsmethode gemäss Anhang 1 wird der Stromverbrauch über das Jahr simuliert:

Für die Berechnung für den Vendo-Automaten der Coca-Cola am Standort Dietlikon werden folgende Werte verwendet (Herleitung der Werte siehe Kapitel 6.2.6):

h	8760
Temp	Stundenmitteltemperatur [°C], gemessen bei der SMA in Zürich
Tgrenz	4 °C
Tbasis _S	-4.1 °C
Tbasisk _S	-10 °C
PT _S	4 W/°C
PT _{kS}	3.3 W/°C
Tlokal _S	3.4 °C
Tlokal _{kS}	3.0 °C

Die folgende Tabelle zeigt den hochgerechneten Verbrauch für das Jahr 1998 für den Standort Zürich für den Fall einer totalen Beschattung und einer Teilbeschattung gemäss gemessenem Standort in Dietlikon:

<i>Teil</i>	<i>Verbrauch/Jahr gemäss Temperatur der SMA am Schatten [kWh/a]</i>	<i>Verbrauch/Jahr gemäss Temperatur vor Ort am gemessenen Automaten [kWh/a]</i>
Netzteil, Steuerung, Beleuchtung, Ventilator	1594	1594
Kältemaschine Kompressor	485	555
Total	2079	2149

Tab. 7.2: *Jahresstromverbrauch bei Aufstellung am Schatten und bei Aufstellung bei Teilbeschattung wie beim gemessenen Automaten*

Der durchschnittliche Tagesverbrauch des Automaten beträgt beim Temperaturverlauf SMA am Schatten etwa 5.7 kWh (2079 kWh/365 Tage).

Der zusätzliche Strombedarf pro Jahr wegen der lokalen Temperaturerhöhung am Aufstellungsort Dietlikon beträgt 70 kWh (2149 kWh – 2079 kWh) oder etwa 3.4 Prozent.

Die folgende Grafik zeigt die Aufteilung des Verbrauchs für den Temperaturverlauf gemäss SMA in Zürich:

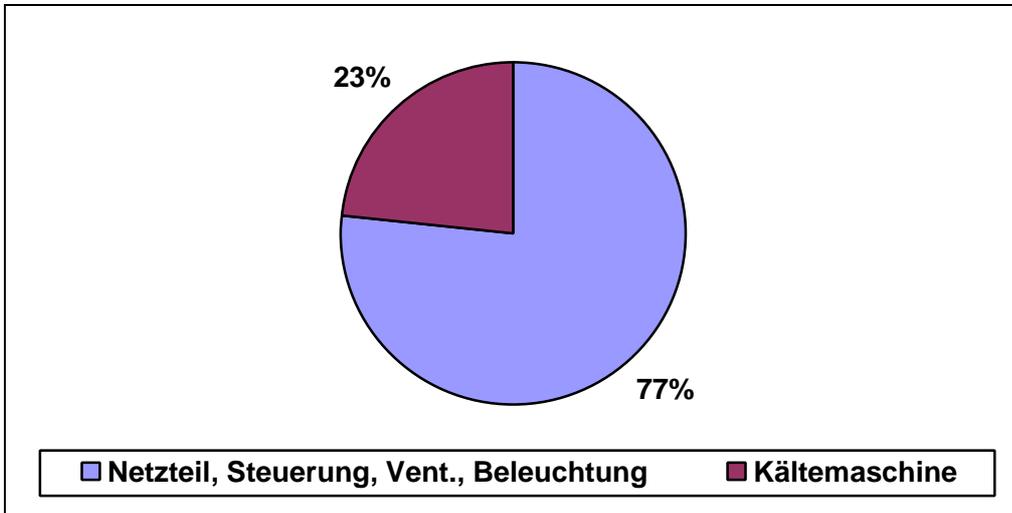


Abb. 7.12: Anteil des Stromverbrauchs verschiedener Komponenten

Der Anteil des variablen Kühlteils beträgt demnach nur 23 Prozent.

7.3 Messungen am Warenautomat „Wurlitzer“ von Selecta

7.3.1 Klima während Messperiode

Die Messung dauerte vom 16. September bis zum 8. Oktober in Ostermundigen. Die folgende Grafik zeigt die Stundenmitteltemperaturen und Sonnenscheindauer vom 16. 9. bis zum 8. Oktober in Bern-Liebefeld (Daten von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA)):

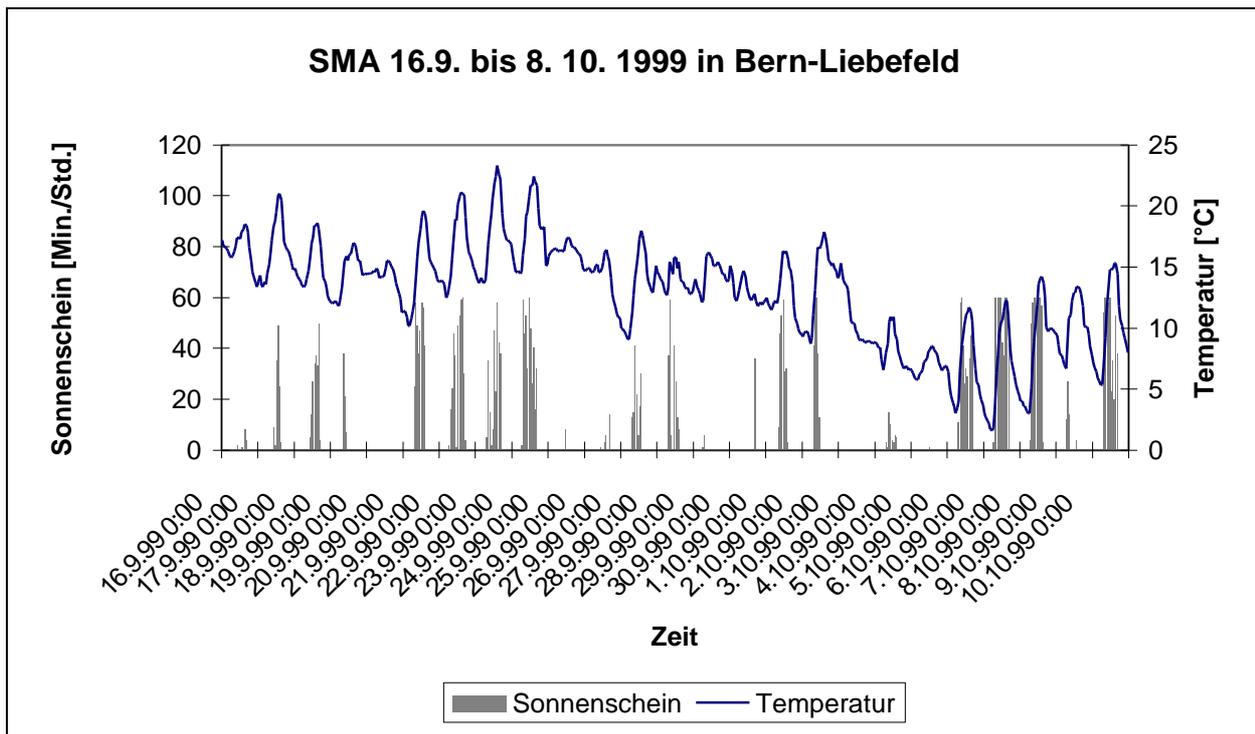


Abb. 7.13: Stundenmitteltemperaturen und Sonnenscheindauer vom 16. 9. bis zum 8. Oktober in Bern-Liebefeld (Daten von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA))

Vom 16. bis zum 20. September und vom 25. bis zum 30. September war nur wenig Sonnenschein zu verzeichnen. Nur vom 21. bis zum 24. September und vom 6. bis 8. Oktober herrschte schönes Herbstwetter. Das Temperaturmittel vom 16. bis zum 8. Oktober betrug 13.2 °C. Die Sonnenscheindauer betrug während der Messperiode total 69 Stunden, was einem Tagesdurchschnitt von 3.1 Stunden entspricht.

7.3.2 Leistungsmessung

Durch gezieltes Ausschalten wurde die Leistung einzelner Komponenten gemessen:

Netzteil, Steuerung	43 W	
Innenbeleuchtung (2 x 18 W)	47 W	
Aussenbeleuchtung (2 x 18 W)	47 W	98 VA
Ausgabebeleuchtung	13 W	38 VA
Ventilator	60 W	
Kompressor	610 W	751 VA (cos f = 0.81)
Total	820 W	1130 VA

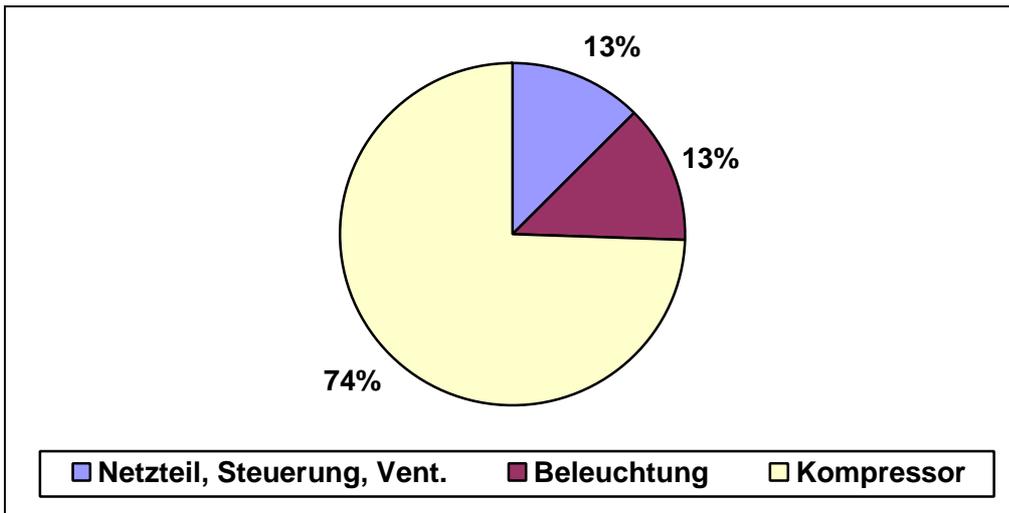


Abb. 7.14: Anteil der elektrischen Leistung verschiedener Komponenten

7.3.3 Innentemperatur

Der Sollwert der Innentemperatur ist auf 9 °C eingestellt. Diese Temperatur kann ziemlich genau gehalten werden (siehe Messung Anhang 6). Am 6. und 7. Oktober ist für kurze Zeit die Kältemaschine ausgefallen. Am 7. 10. ist daher die Temperatur im Innern von 7.00 Uhr bis 14.00 Uhr kontinuierlich von 9 auf 15 °C angestiegen (siehe Messungen Anhang 7). Nach der Aufnahme der Funktionsfähigkeit der Kältemaschine wurde die Solltemperatur von 9 °C nach einer Stunde wieder erreicht. Die Kältemaschine war in dieser Stunde zu 60 Prozent ausgelastet.

An diesem Tag schien die Sonne am Nachmittag direkt auf die Front des Automaten. Die Erwärmung bewirkte, dass die Kältemaschine voll ausgelastet wurde.

7.3.4 Stromverbrauch während Messperiode

Vom 16.9. bis zum 8.10.1999 ist der Automat während rund 524 Stunden kontinuierlich vermessen worden. Der Stromverbrauch in diesen 22 Tagen betrug 196 kWh (442 kVA, cos f = 0.44), was einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 8.9 kWh entspricht. Die Messungen sind im Anhang 6 detailliert dokumentiert.

Die Aufteilung auf die einzelnen Komponenten sieht folgendermassen aus (mit guter Näherung kann angenommen werden, dass der Verbrauch der Komponenten Netzteil, Steuerung, Beleuchtung und Ventilator konstant ist):

Netzteil, Steuerung	22.5 kWh
Innenbeleuchtung (2 x 18 W)	24.6 kWh
Aussenbeleuchtung (2 x 18 W)	24.6 kWh
Ausgabebeleuchtung	6.8 kWh
Ventilator	31.4 kWh
Kompressor	86.1 kWh
Total	196.0 kWh

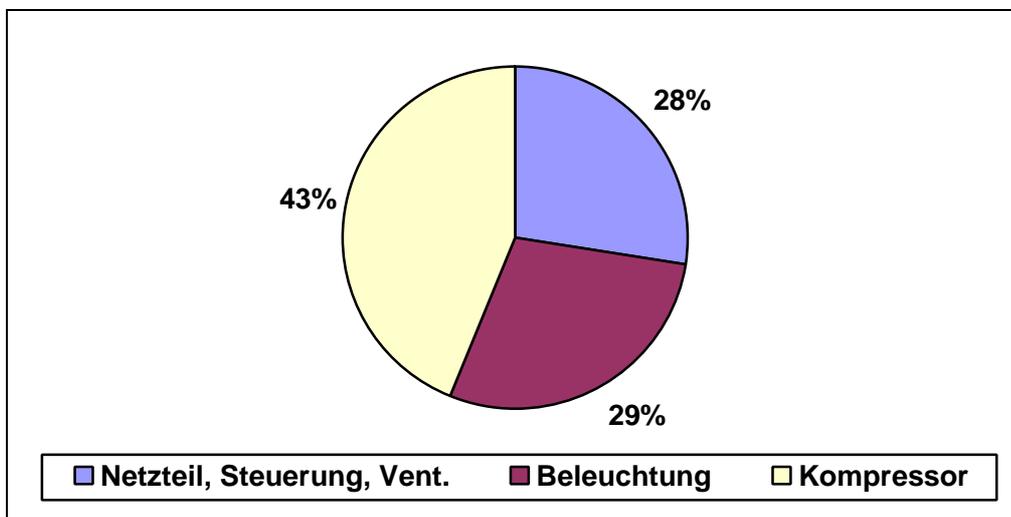


Abb. 7.15: Anteil des Stromverbrauchs verschiedener Komponenten

7.3.5 Einfluss der Aussentemperatur

Die Auswertung in Anhang 6 zeigt die durchschnittliche elektrische Stundenleistung in W in Abhängigkeit der Aussentemperatur. Der Leistungsbezug steigt durchschnittlich etwa 19.5 W an pro Grad Celsius. Dieser Wert wird als Leistung/Temperatur-Kennwert bezeichnet.

Der folgende Vergleich zwischen den Temperaturmessungen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) in Bern-Liebefeld und der lokalen Temperatur am Automaten zeigt, dass die Sonneneinstrahlung lokal beim Autoamten zu erhöhten Temperaturen führt:

Datum	Min. SMA	Min. lokal	Max. SMA	Max. lokal	Mittel SMA	Mittel lokal
24.9.	14.5 °C	16.4 °C oben 16.0 °C unten	22.4 °C	28.6 °C oben 30.8 °C unten	17.9 °C	21.0 °C oben 20.9 °C unten
25.9	14.8 °C	16.9 °C oben 16.9 °C unten	17.4 °C	19.8 °C oben 19.9 °C unten	16.4 °C	18.0 °C oben 17.8 °C unten
16.-8.10					13.2 °C	15.4 °C oben 15.6 °C unten
16.9.-8.10 (>20 Min. Sonne/h = 99 h)					15.4 °C	18.1 °C oben 20.3 °C unten
16.9.-8.10. (<20 Min. Sonne/h = 425 h)					12.8 °C	14.8 °C oben 14.5 °C unten
16.9.-8.10 (alle Stunden)					13.2 °C	15.4 °C oben 15.8 °C unten

Tab. 7.3: *Temperaturmessungen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) in Bern und der lokalen Temperatur am Automaten*

An einem sonnigen Tag (24.9 siehe obige Tabelle) ergibt sich lokal eine um 3.1 °C höhere Tagesmitteltemperatur. Unter dem Einfluss der Sonneneinstrahlung ergab sich am gleichen Tag eine maximale Temperaturerhöhung von 8.4 °C. Während der gesamten Messdauer beträgt die durchschnittliche lokale Temperaturerhöhung 2.2 °C (oben an Automat) und 2.4 °C (unten an Automat). Für die weiteren Berechnungen wird der Mittelwert dieser beiden Zahlen genommen: 2.3 °C.

Für die Berechnung des zusätzlichen Stromverbrauchs wegen der lokalen Lufttemperaturerhöhung wird die folgende Formel verwendet:

E Stromverbrauch in kWh
 Temp mittlere Temperaturerhöhung über die Messperiode zwischen den Messdaten der SMA am Schatten und der lokalen gemessenen Temperatur [°C]
 h Anzahl Stunden während der Messperiode
 PT Leistung/Temperatur-Kennwert: spezifischer elektrischer Stundenleistungsanstieg in Abhängigkeit der Aussentemperatur [W/ °C]

$$E = h * Temp * PT / 1000$$

$$20.5 \text{ kWh} = 524 \text{ Stunden} \times 2.3 \text{ °C} \times 17 \text{ W/°C} / 1000$$

Dies entspricht etwa 10 % des gesamten Stromverbrauchs des Automaten oder 24 % des Verbrauchs der Kältemaschine.

Der zusätzliche Energiebedarf an diesem Standort während der Messperiode ist gemäss diesem vereinfachten Vergleich zu einem Standort am Schatten nicht sehr gross.

7.3.6 Einfluss der Besonnung

Die Front des Automaten ist zu Beginn der Messperiode bei höchstem Sonnenstand zu etwa 1/3 und am Ende etwa zu 2/3 der Fläche von der Sonne beschienen. Die Auswertung im Anhang 6 zeigt den elektrischen Leistungsbezug und die Temperatur während zwei typischen Tagen. Der erste ist sonnig und der zweite bedeckt. Der elektrische Leistungsbezug korreliert stark mit dem Temperaturverlauf.

Die Temperaturerhöhung vor Ort an 99 sonnigen Stunden⁴ beträgt im Durchschnitt 2.7 °C oben und 4.9 °C unten am Automaten (Durchschnitt 3.8 °C).

Die Temperaturerhöhung vor Ort an 425 Stunden ohne Sonne beträgt im Durchschnitt 2.0 °C oben und 1.7 °C unten am Automaten (Durchschnitt 1.85 °C). Die Erhöhung oben am Automaten ist wahrscheinlich wegen dem Einfluss des Gebäudes (Abstand 30 cm) und dem Einfluss der Abwärme des Automaten (Beleuchtung oben am Automaten) leicht grösser als unten.

Im Anhang 6 ist die elektrische Leistung analysiert an Stunden mit und an Stunden ohne Sonnenschein. Die Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Temperatur beträgt (Leistung/Temperatur-Kennwert):

- Über die ganze Messperiode 17 W/°C
- Bei Sonnenschein 20 W/°C
- Ohne Sonnenschein 14.5 W/°C

Die Unterschiede beim Leistung/Temperatur-Kennwert sind grösser als beim Vendo-Automaten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Sonneneinstrahlung durch die durchsichtige Frontscheibe den Stromverbrauch stark beeinflusst.

7.3.7 Hochrechnung auf das Jahr

Auf Grund der durchschnittlichen Stundentemperaturwerte und der Sonnenscheindauer über das Jahr für Zürich 1998 (Daten SMA) wird der Verbrauch hochgerechnet. Im Jahr 1998 betrug die Durchschnittstemperatur 9.63 °C. Die totale Sonnenscheindauer betrug 1609 Stunden, was einer tägliche Durchschnittsdauer von 4.4 Stunden entspricht.

Mit der Berechnungsmethode gemäss Anhang 1 wird der Stromverbrauch über das Jahr simuliert:

Beim Wurlitzer-Automaten wird mit folgenden Werten gerechnet (Herleitung siehe Kapitel 6.3.6):

h	8760
Temp	Stundenmitteltemperatur [°C], gemessen bei der SMA in Zürich
Tgrenz	7 °C
Tbasis	6 °C

⁴ Als sonnige Stunden werden Stunden mit mehr als 20 Minuten Sonnenschein gezählt.

$T_{basis_{kS}}$ 4.5 °C
 PT_S 20 W/°C
 PT_{kS} 14.5 W/°C
 T_{lokal_S} 3.8 °C
 $T_{lokal_{kS}}$ 1.85 °C

Die folgende Tabelle zeigt den hochgerechneten Verbrauch für das Jahr 1998 für den Standort Zürich für den Fall der totalen Beschattung und den Fall der Teilbeschattung wie am gemessenen Standort Ostermundigen:

Teil	Verbrauch/Jahr gemäss Temperatur der SMA am Schatten [kWh/a]	Verbrauch/Jahr gemäss Temperatur vor Ort am gemessenen Automaten [kWh/a]
Netzteil, Steuerung, Beleuchtung, Ventilator	1839.6	1839.6
Kältemaschine Kompressor	853	1070
Total	2692.6	2909.6

Tab. 7.4: Jahresstromverbrauch bei Aufstellung am Schatten und bei Aufstellung bei Teilbeschattung wie beim gemessenen Automaten

Der durchschnittliche Tagesverbrauch des Automaten beträgt beim Temperaturverlauf SMA am Schatten etwa 7.4 kWh (2692 kWh/365 Tage).

Der zusätzliche Strombedarf pro Jahr wegen der lokalen Temperaturerhöhung am Aufstellungsort Ostermundigen beträgt 217 kWh (2909 kWh – 2692 kWh) oder etwa 8 Prozent.

Die folgende Grafik zeigt die Aufteilung des Verbrauchs für den Temperaturverlauf gemäss SMA in Zürich:

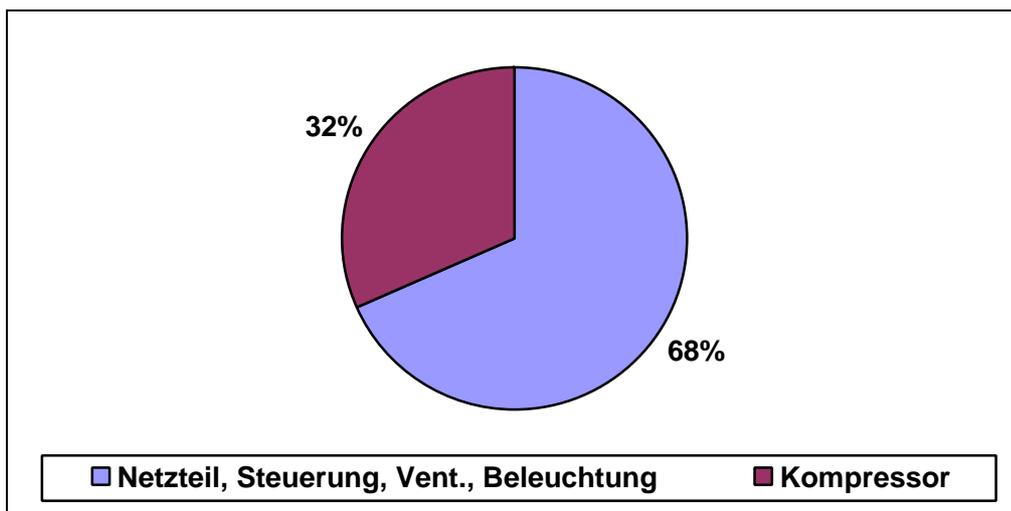


Abb. 7.16: Anteil des Stromverbrauchs verschiedener Komponenten

Der Anteil des variablen Kühlteils beträgt demnach nur 32 Prozent.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Der Anteil der Kühlung am Gesamtstromverbrauch ist kleiner als erwartet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die untersuchten Automaten nur teilweise der Sonne ausgesetzt sind. Der Anteil der Kühlung bei vollständig der Sonne ausgesetzten Automaten ist sicher grösser. Die untersuchten Standorte mit einer Teilbeschattung sind aber typisch für aussen aufgestellte Automaten.

Für die optimale Energienutzung sollte in erster Linie versucht werden, die Grundlast des Stromverbrauchs für die Beleuchtung und Steuerung zu optimieren. So könnte die Beleuchtung nach der Aussenhelligkeit gesteuert werden und bei Tag ausgeschaltet werden. Auch der Ventilator sollte nur laufen, wenn der Kältekompressor eingeschaltet ist.

Die Stromversorgung sollte durch ein energieeffizientes hochfrequentes Schaltnetzteil erfolgen. Auch elektronische Hochfrequenzvorschaltgeräte für die Lampen erhöhen die Energieeffizienz. Diese Massnahmen sind wegen der langen Nutzungszeiten der Geräte wirtschaftlich.

Für die Kühlung sollte die Strategie weiterverfolgt werden, nur der effektiv benötigte Inhalt zu kühlen oder verschiedene Temperaturzonen einzurichten. Beim Vendo-Automat ist dies durch die ungenügende Luftzirkulation im oberen Teil wahrscheinlich ungewollt automatisch realisiert. Für die Kühlung des Inhaltes ist die Luftführung entscheidend.

Der Automat so gebaut sein und aufgestellt werden, dass ein geringer Kühlbedarf entsteht. Dies wirkt sich positiv auf die Lebensdauer des Kühlaggregats aus und bei Ausfall derselben wird der Komfort viel länger hochgehalten. Die folgenden Empfehlungen bewirken einen geringen Kühlbedarf:

- Gute Isolation
- Unbehinderte Luftzufuhr zu Kondensator des Kälteaggregates (möglichst tiefe Temperatur der angesaugten Luft)
- Verhindern der direkten Sonnenbestrahlung, v.a. bei durchsichtiger Frontscheibe
- Helle Farbwahl bei Automaten, welche der Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind

Die Beschattung ist besonders für Warenautomaten mit durchsichtiger Frontscheibe zu empfehlen. Trotz Wärmeschutzverglasung kommt das Kühlaggregat bei Sonnenbestrahlung an die Grenze der Leistungsfähigkeit.

9 Dank an beteiligte Firmen und Kontaktpersonen

Wir danken den folgenden Firmen und Personen für ihre Unterstützung und Mithilfe:

Coca-Cola Beverages AG
Herren Th. Weber und Antonucci
Brüttsellerstr. 7
8305 Dietlikon
Tel. 01-835 92 04



Selecta AG
Herren Rüfenacht und Tschanotti
Gewerbstrasse 12
3065 Bolligen-Station
Tel. 031-925 93 11

10 Literaturverzeichnis

- [Bfe 97] D. Meier: Energieverbrauchsmessungen von Verpflegungsautomaten, Bundesamt für Energie, Bern, 1997
- [Bfe 98] Bernard Aebischer, Alois Huser: Energieverbrauch von Automaten und Energiesparmöglichkeiten, Bundesamt für Energie, 1998
- [Eso 96] E Source Inc, Rocky Mountain Institute Research Associates: Refrigerated Vending Machines, Boulder Colorado, 1996
- [Eve 99] Ademe: EVEN: Improving Energy efficiency of VENDING machines, Proposal for a SAVE action, 1999
- [SMA 99] Schweizerische Meteorologische Anstalt, Sektion Daten, ANETZ-Daten
- [Tep 99] Tokyo Electric Power Company: Energy-saving soft drink vending machines

11 Anhang

1. Berechnungsverfahren für die Hochrechnung auf das Jahr
2. Messresultate an Coca-Cola-Automat in Dietlikon vom 19.7.99 bis 26.7.99:
 - Aussentemperatur
 - Temperatur an besonnener Stelle
 - Innentemperatur oben
 - Innentemperatur oben bei Auffüllvorgang
 - Elektrischer Leistungsbedarf (Wh)
 - Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Aussentemperatur
3. Messresultate an Coca-Cola-Automat in Dietlikon vom 26.7.99 bis 30.7.99:
 - Aussentemperatur
 - Temperatur an besonnener Stelle
 - Innentemperatur unten
 - Elektrischer Leistungsbedarf (Wh) (19.7.99-30.7.99)
 - Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Aussentemperatur (19.7.99-30.7.99)
4. Verlauf der Aussentemperatur und der elektrischen Leistung während 3 Tagen (2 sonnige und ein bedeckter Tag) beim Coca-Cola-Automaten
5. Vergleich der elektrischen Leistung bei unterschiedlichen Verkaufszahlen beim Coca-Cola-Automaten
6. Messresultate an Selecta-Automat in Ostermündingen vom 16.9.99 bis 8.10.99:
 - Aussentemperatur
 - Temperatur an besonnener Stelle
 - Innentemperatur
 - Elektrischer Leistungsbedarf (Wh/min)
 - Elektrischer Leistungsbedarf (Wh)
 - Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Aussentemperatur
 - Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Aussentemperatur bei Sonnenschein
 - Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Aussentemperatur, wenn kein Sonnenschein
 - Temperatur und elektrische Leistung während zwei typischen Tagen
7. Messresultate an Selecta-Automat in Ostermündingen vom 6.10. bis 8.10.99 bei Ausfall des Kompressors:
 - Aussentemperatur
 - Innentemperatur
 - Elektrischer Leistungsbedarf (Wh/min)

1. Berechnungsverfahren für die Hochrechnung auf das Jahr

Die folgenden Werte werden für die Berechnung benötigt:

h	Anzahl Jahresstunden (8760)
P	Elektrische Stundenleistung in W
E	Stromverbrauch pro Jahr in kWh
Temp	Stundenmitteltemperatur [°C], gemessen bei der SMA in Zürich
Tgrenz	Grenztemperatur [°C] bei der keine aktive Kühlung mehr notwendig ist
PT _S	Leistung/Temperatur-Kennwert: spezifischer elektrischer Stundenleistungsanstieg in Abhängigkeit der Aussentemperatur [W/ °C] bei Stunden, an denen die Sonne mehr als 20 Minuten scheint (siehe Grafik im Anhang für entsprechenden Automaten)
PT _{kS}	Leistung/Temperatur-Kennwert: spezifischer elektrischer Stundenleistungsanstieg in Abhängigkeit der Aussentemperatur [W/°C] bei Stunden, an denen die Sonne weniger als 20 Minuten scheint (siehe Grafik im Anhang für entsprechenden Automaten)
Tbasis _S	Schnittpunkt der Leistung/Temperaturkennlinie mit der temperaturunabhängigen elektrischen Grundleistung [°C] (erhoben durch eine momentane elektrische Leistungsmessung) bei Stunden, an denen die Sonne mehr als 20 Minuten scheint (siehe Grafik im Anhang für entsprechenden Automaten)
Tbasis _{kS}	Schnittpunkt der Leistung/Temperaturkennlinie mit der temperaturunabhängigen elektrischen Grundleistung [°C] (erhoben durch eine momentane elektrische Leistungsmessung) bei Stunden, an denen die Sonne weniger als 20 Minuten scheint (siehe Grafik im Anhang für entsprechenden Automaten)
Tlokal _S	lokale Erhöhung der Stundenmitteltemperatur [°C] im Vergleich zu den SMA-Daten am Automaten bei Stunden, an denen die Sonne mehr als 20 Minuten scheint
Tlokal _{kS}	lokale Erhöhung der Stundenmitteltemperatur [°C] im Vergleich zu den SMA-Daten am Automaten bei Stunden, an denen die Sonne weniger als 20 Minuten scheint

Der Verbrauch wird getrennt berechnet für einen konstanten Teil für die Steuerung, Beleuchtung usw. sowie einen temperaturabhängigen variablen Kühlteil.

Der zeitunabhängige Teil für die Steuerung, Beleuchtung usw. wird folgendermassen berechnet:

$$E = h * P / 1000$$

Bei der Berechnung des temperaturabhängigen variablen Kühlteils wird für **jede der 8760 Stunden** des Jahres die folgende Formel angewandt:

- Falls die Sonnenscheindauer pro Stunde grösser als 20 Min und die Stundentemperatur grösser „Tgrenz“ ist:
 $P = (Temp - Tbasis_S) * PT_S$
- Falls die Sonnenscheindauer pro Stunde kleiner als 20 Min und die Stundentemperatur grösser „Tgrenz“ ist:
 $P = (Temp - Tbasis_{kS}) * PT_{kS}$
- Sonst $P = 0$
- $E = (\text{Summe von } P \text{ über das Jahr}) / 1000$



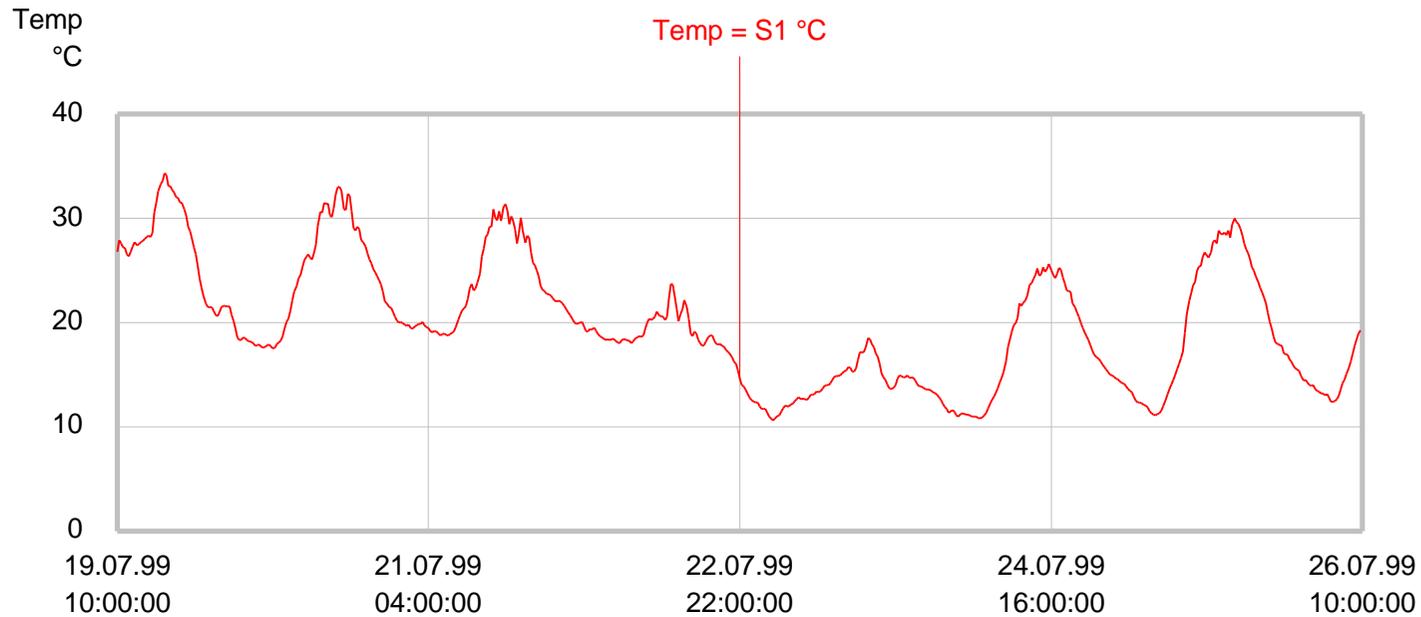
Für die Berechnung des Verbrauchs am gemessenen Standort wird in der obigen Formel eine lokale Temperaturerhöhung eingefügt:

- Falls die Sonnenscheindauer pro Stunde grösser als 20 Min und die Stundentemperatur grösser „Tgrenz“ ist:
$$P = (\text{Temp} - T_{\text{basis}_S} + T_{\text{lokal}_S}) * PT_S$$
- Falls die Sonnenscheindauer pro Stunde kleiner als 20 Min und die Stundentemperatur grösser „Tgrenz“ ist:
$$P = (\text{Temp} - T_{\text{basis}_{kS}} + T_{\text{lokal}_{kS}}) * PT_{kS}$$
- Sonst $P = 0$
- $E = (\text{Summe von } P \text{ über das Jahr}) / 1000$

2. Messresultate an Coca-Cola-Automat in Dietlikon vom 19.7.99 bis 26.7.99

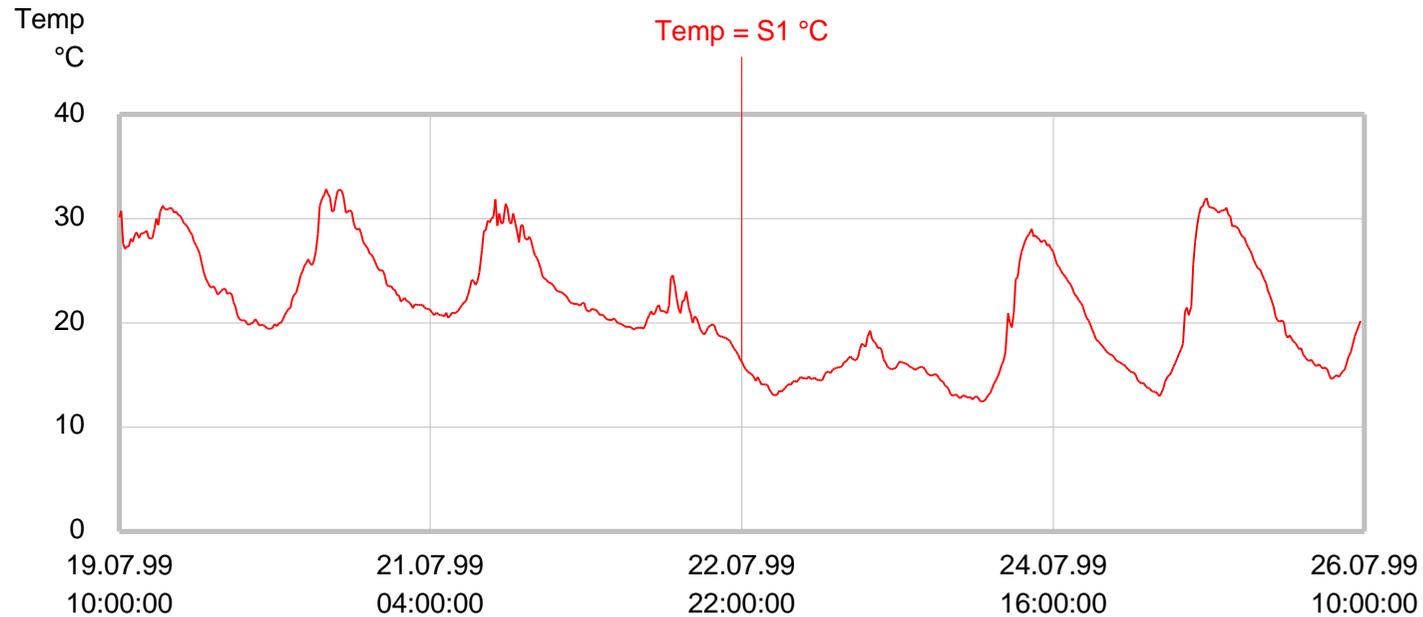
Coca-Cola Aussentemperatur oben

Object: COCATA



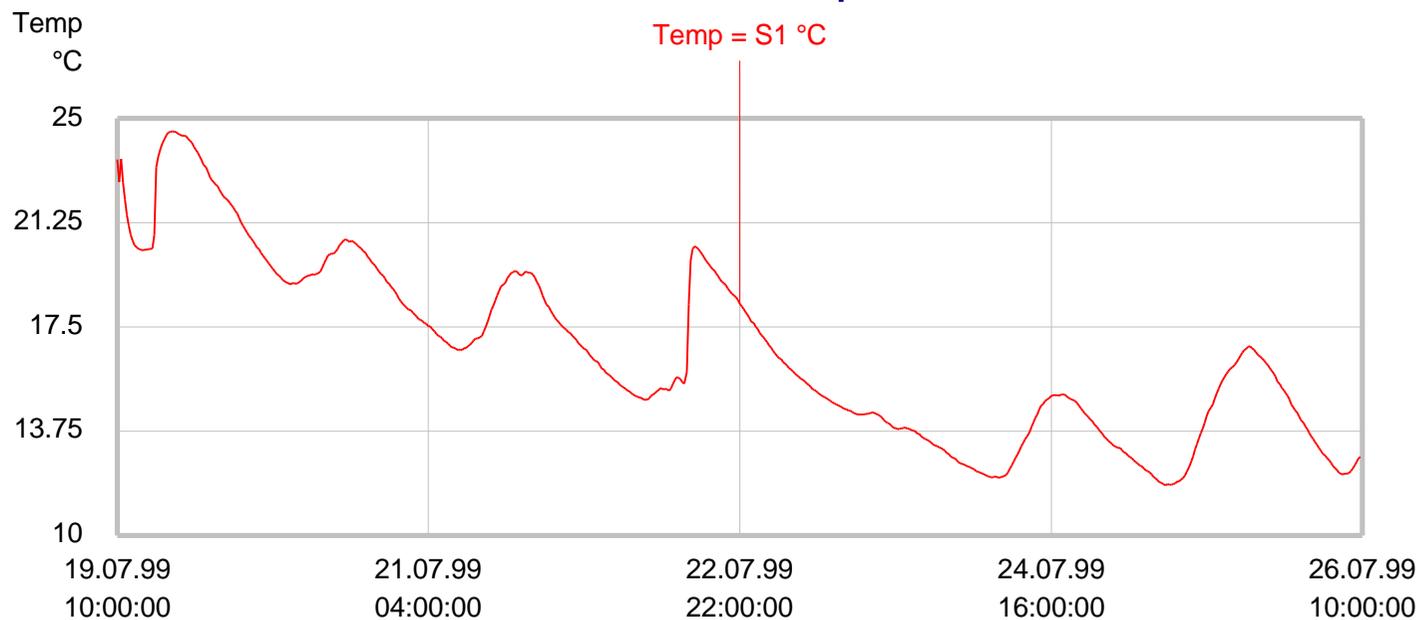
Coca-Cola Aussentemperatur unten

Object: COCATS



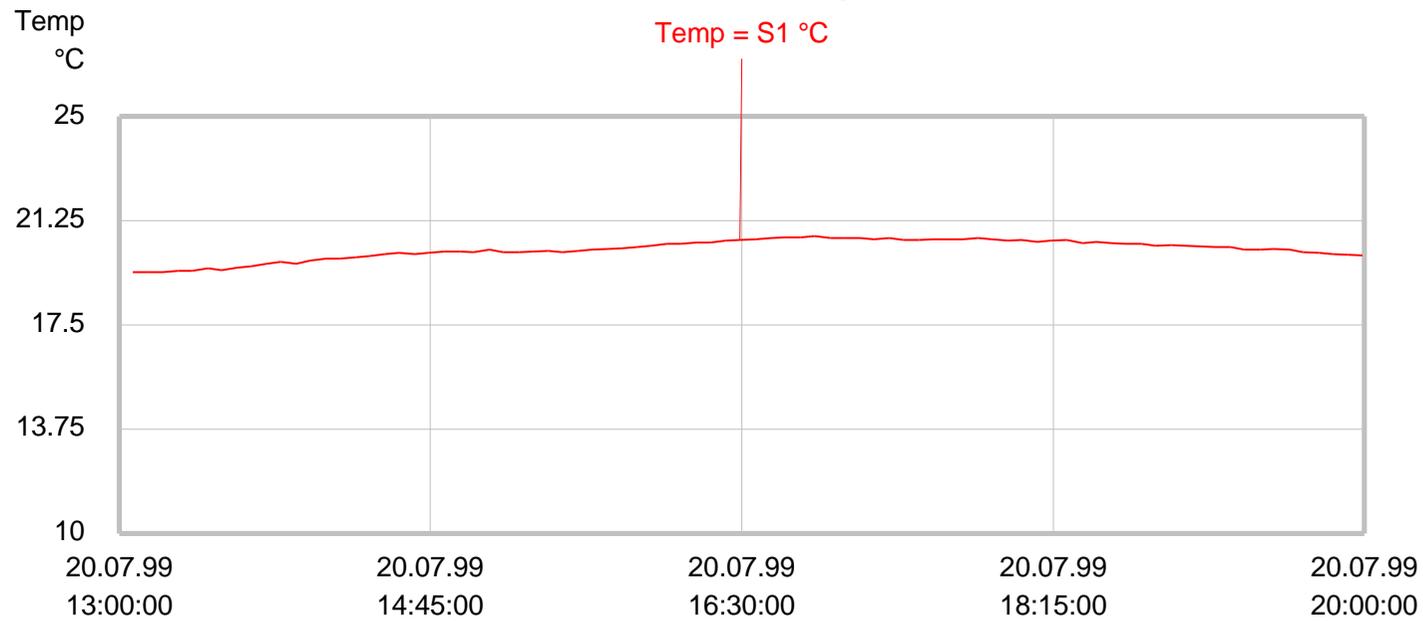
Coca-Cola Innentemperatur oben

Object: COCATI



Coca-Cola Innentemperatur oben

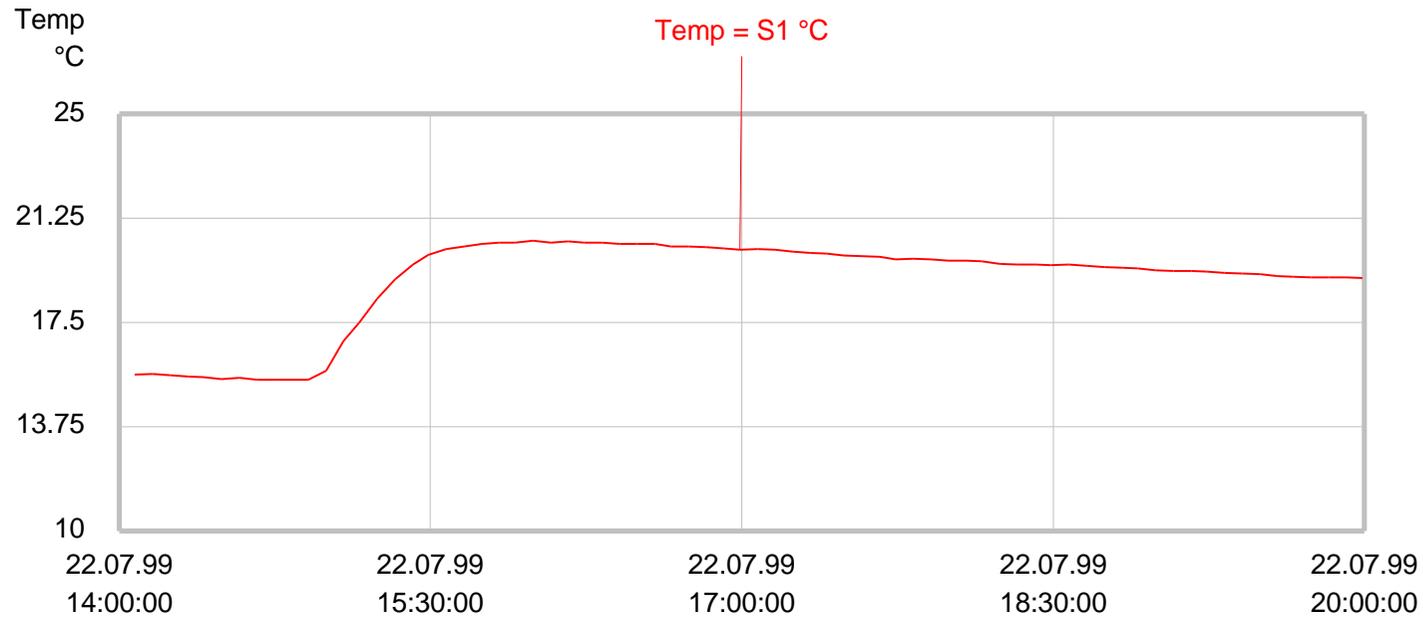
Object: COCATI



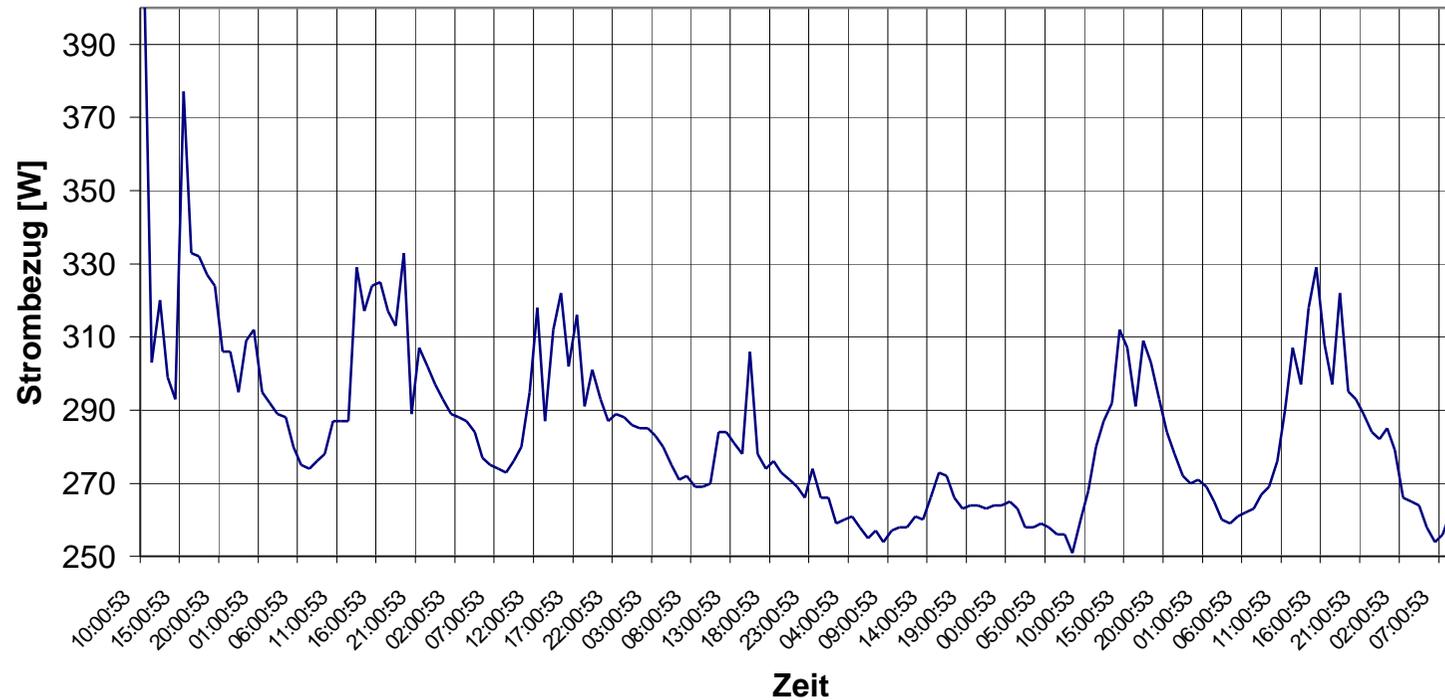
Entwicklung Innentemperatur oben nach Auffüllvorgang:

Coca-Cola Innentemperatur oben

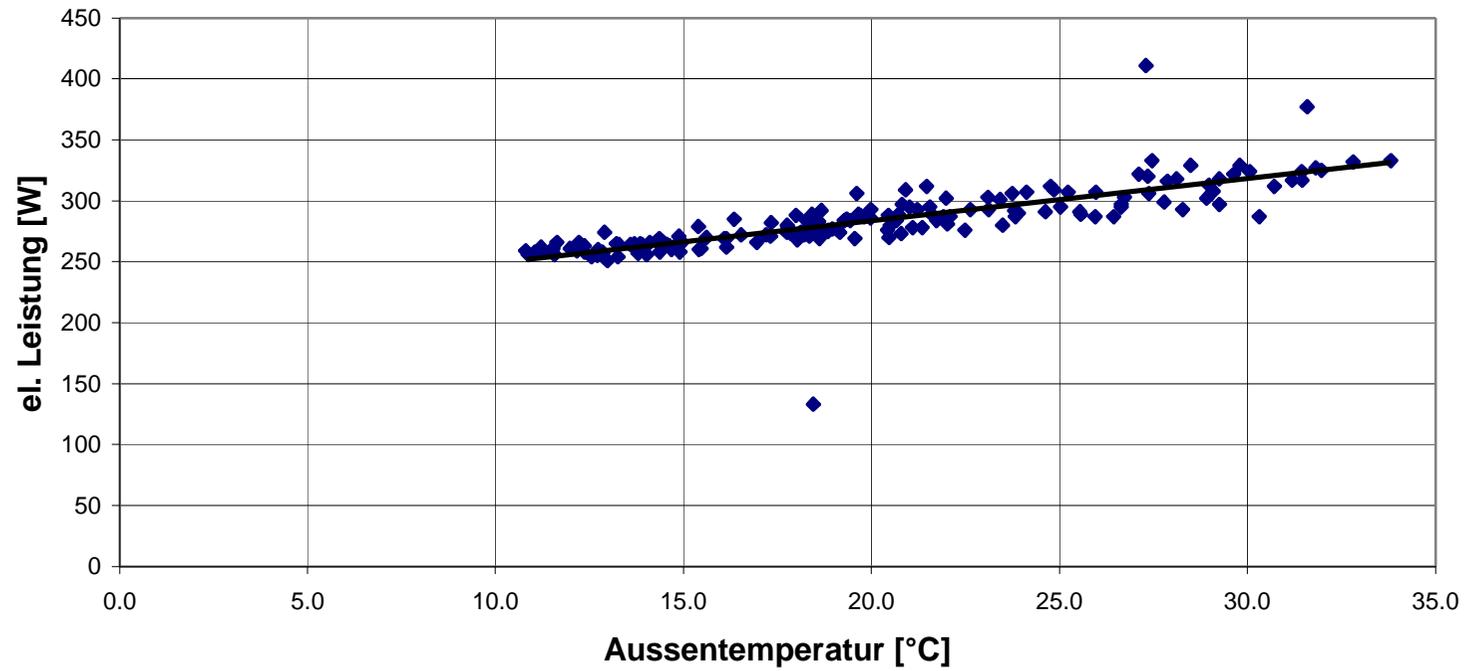
Object: COCATI



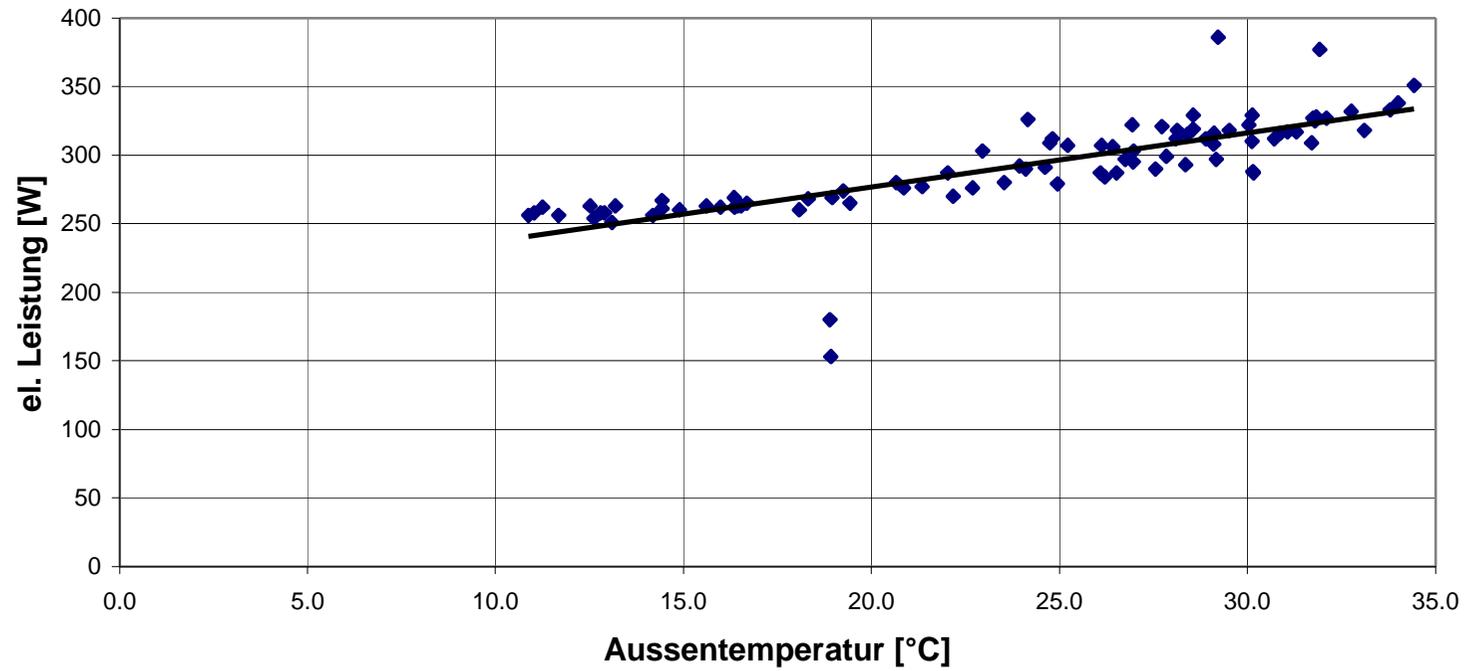
Stromverbrauch Coca-Cola (19.7-26.7.99): 47.6 kWh



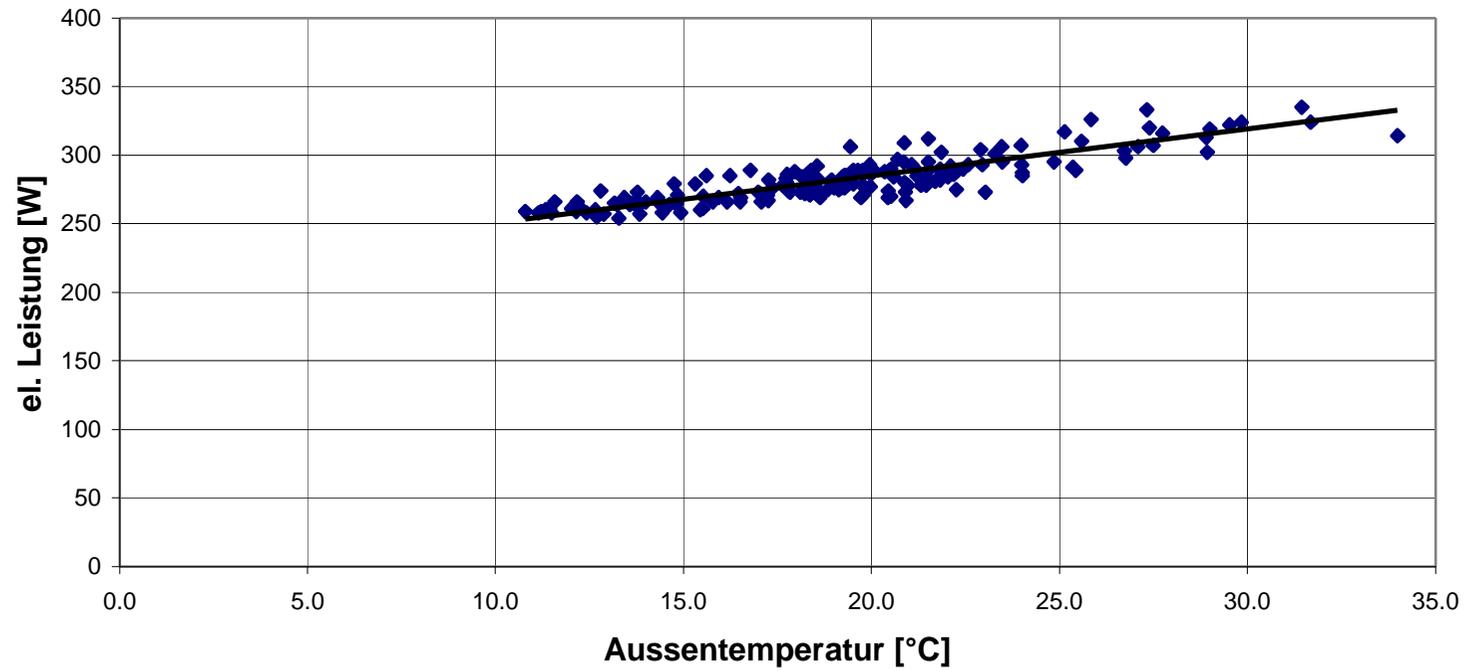
Coca-Cola (19.7.-26.7.99)



Coca-Cola (19.7. - 30.7.99) mit Sonnenschein



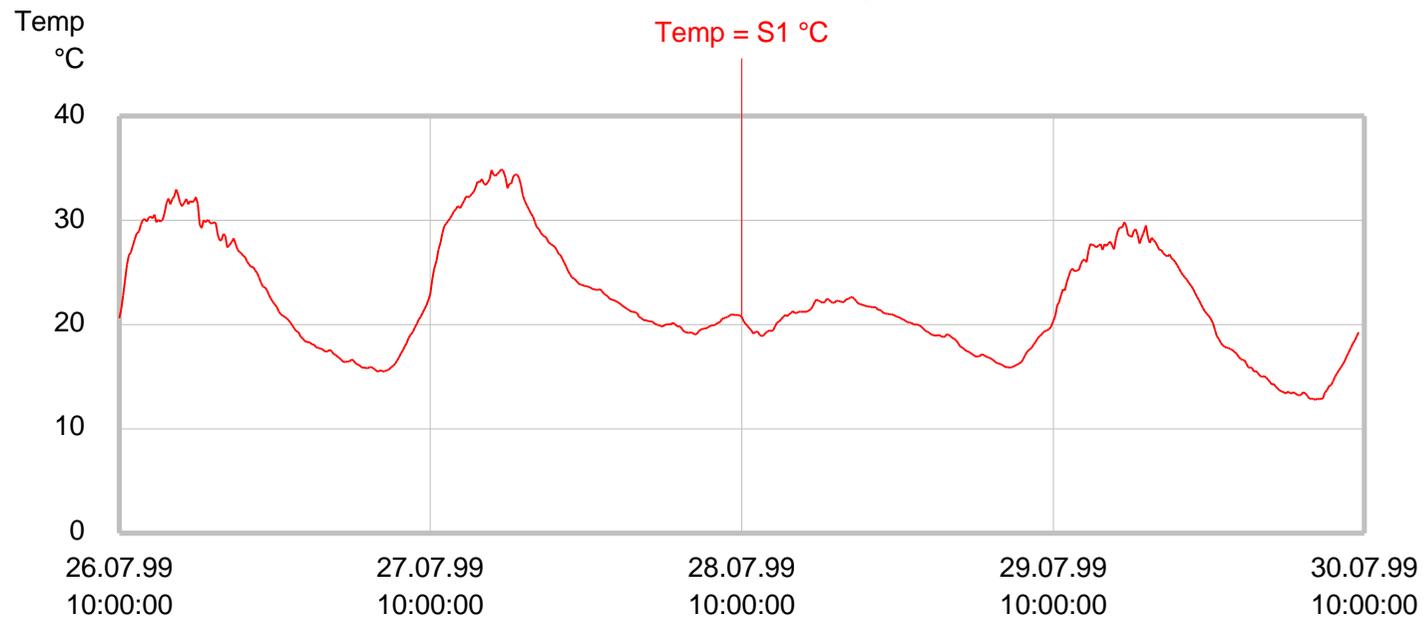
Coca-Cola (19.7. - 30.7.99) ohne Sonnenschein



3. Messresultate an Coca-Cola-Automat in Dietlikon vom 26.7.99 bis 30.7.99

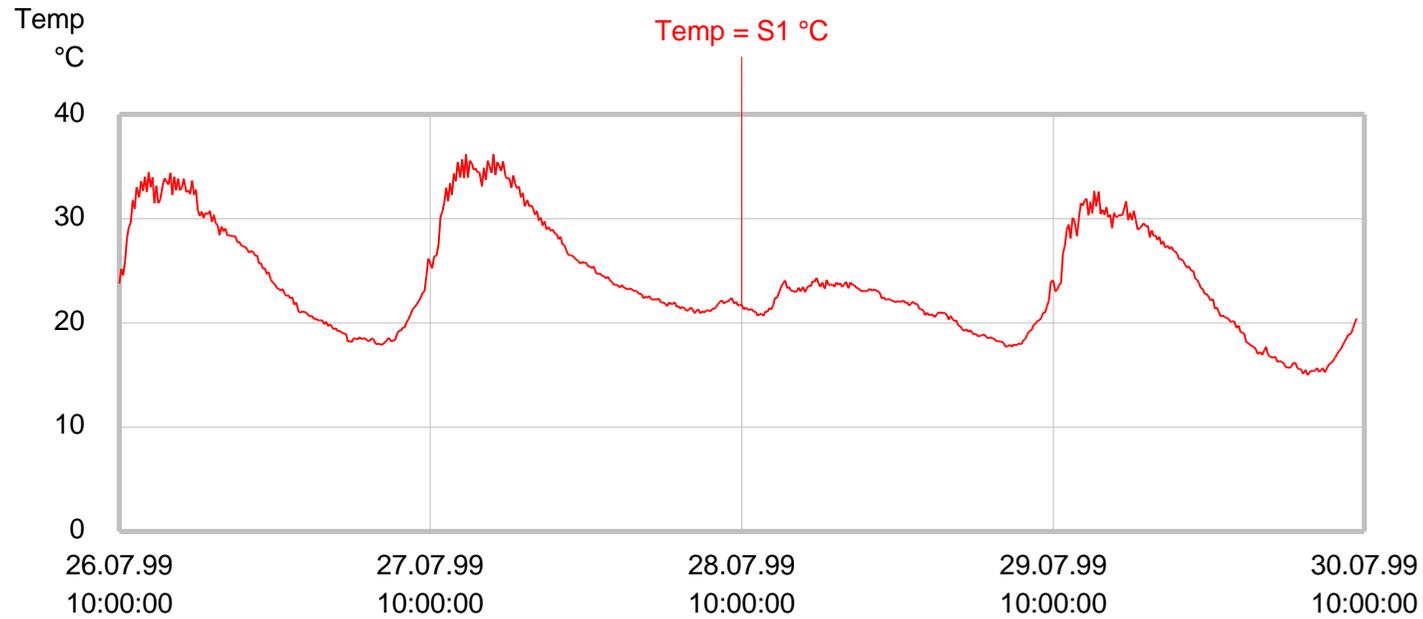
Coca-Cola Aussentemperatur oben

Object: COCATA



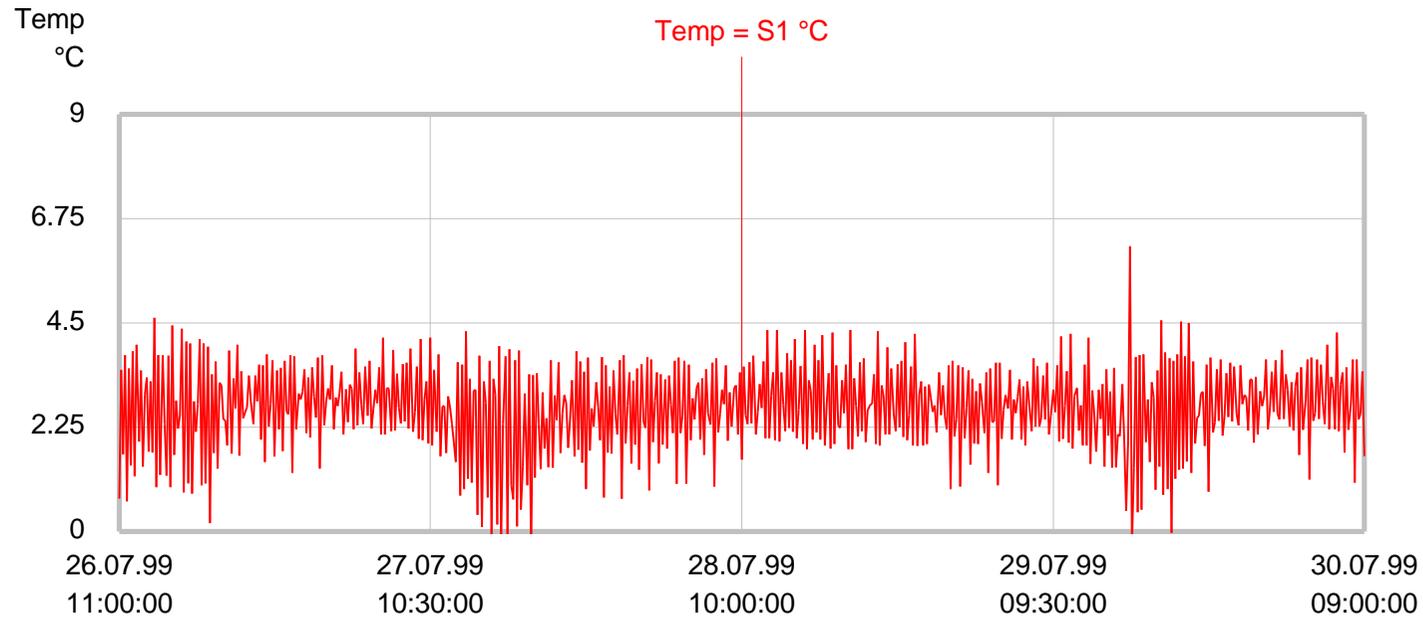
Coca-Cola Aussentemperatur unten

Object: COCATS

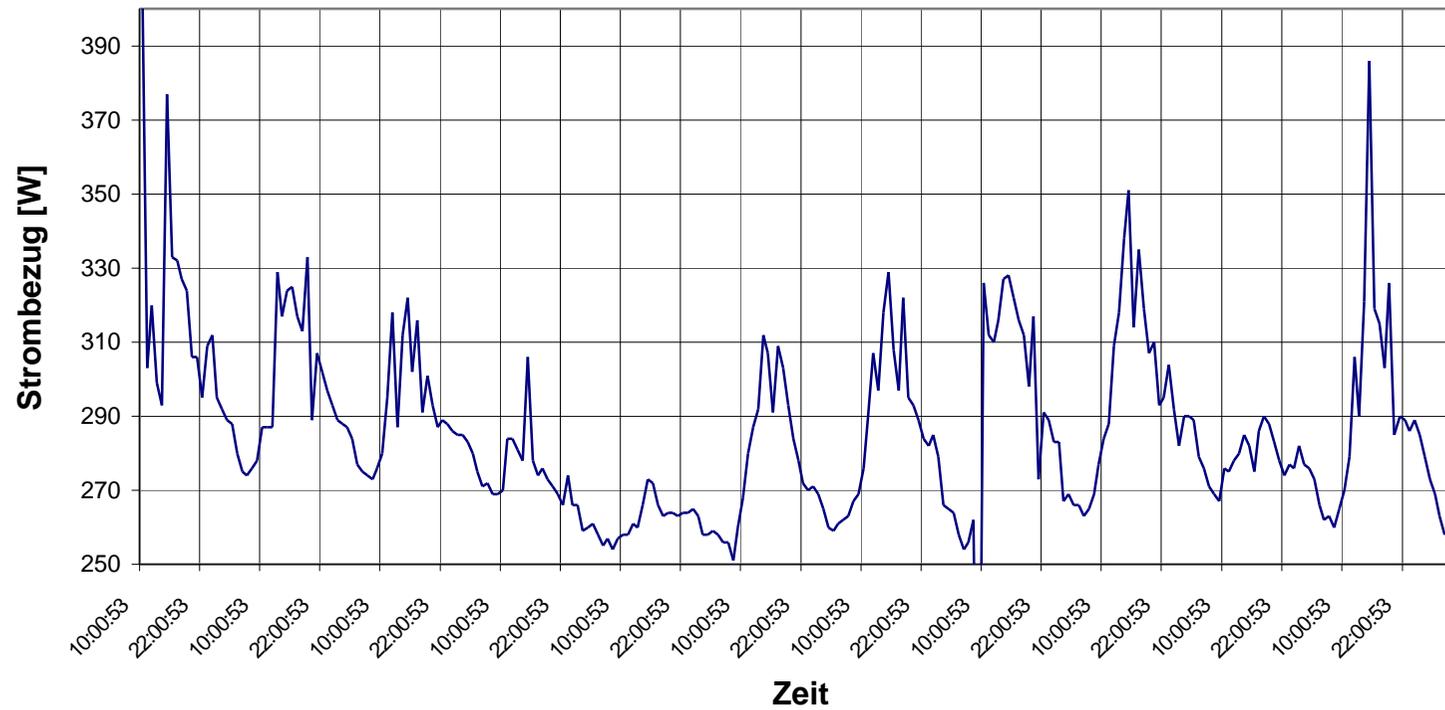


COCA-Cola Innentemperatur unten

Object: COCATIU

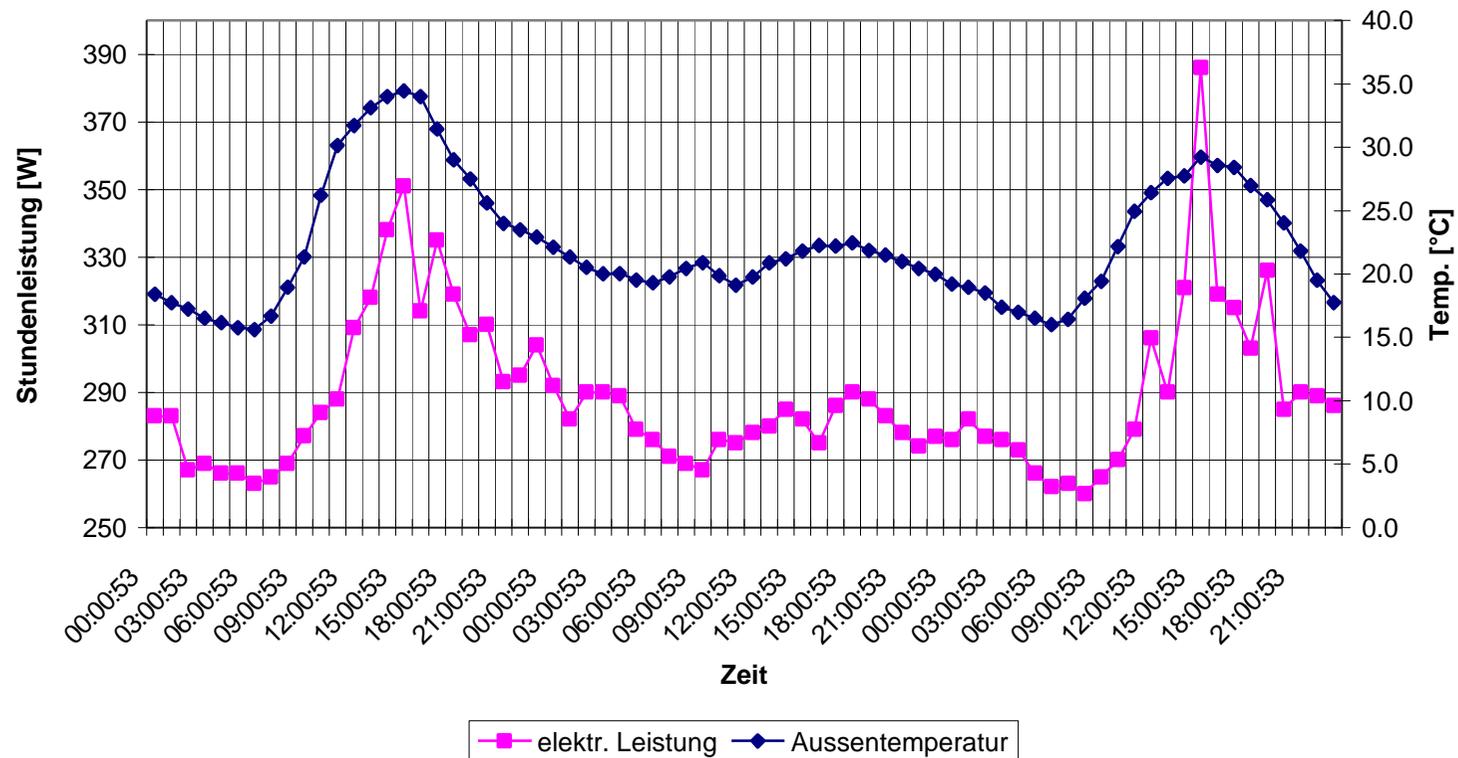


Stromverbrauch Coca-Cola (19.7-30.7.99): 75.4 kWh



4. Verlauf der Aussentemperatur und der elektrischen Leistung während 3 Tagen (2 sonnige und ein bedeckter Tag)

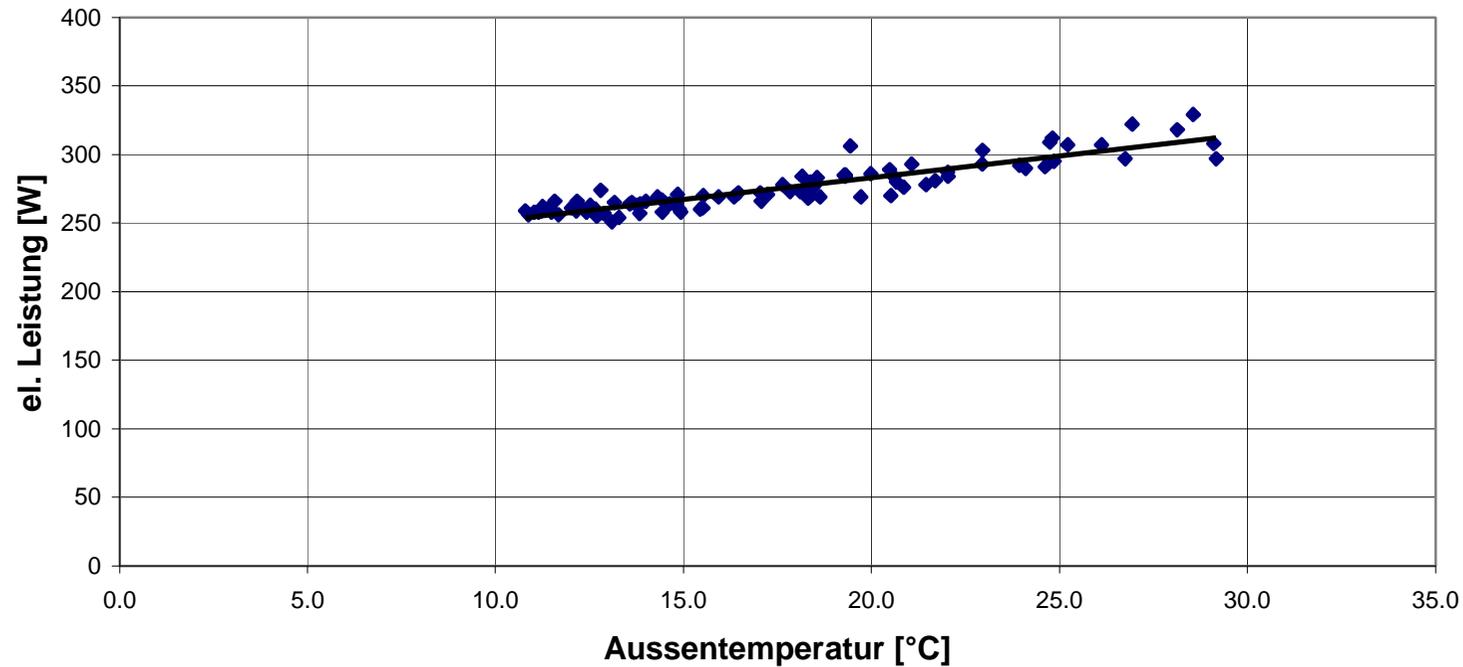
Coca-Cola (27.7. - 29.7.99)



5. Vergleich der elektrischen Leistung bei unterschiedlichen Verkaufszahlen

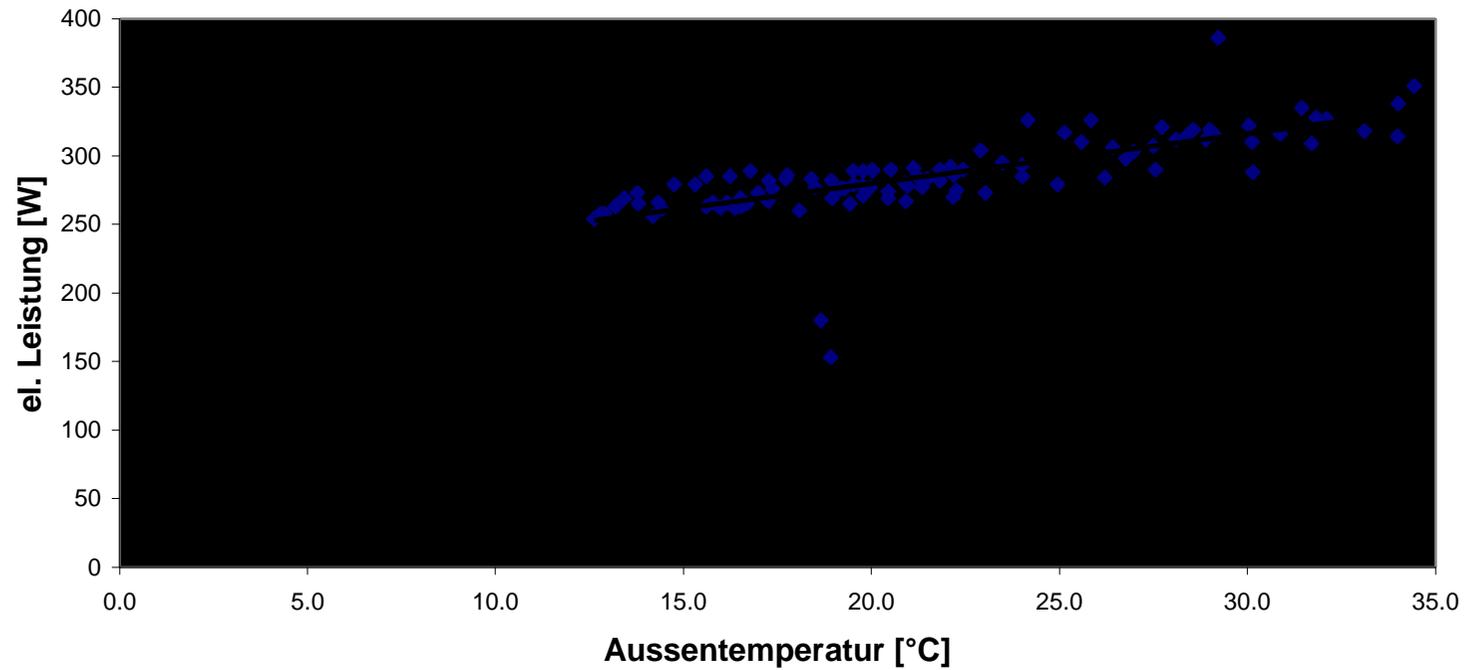
1. Periode: 139 Flaschen verkauft

Coca-Cola (22.7. - 26.7.99)



2. Periode: 54 Flaschen verkauft

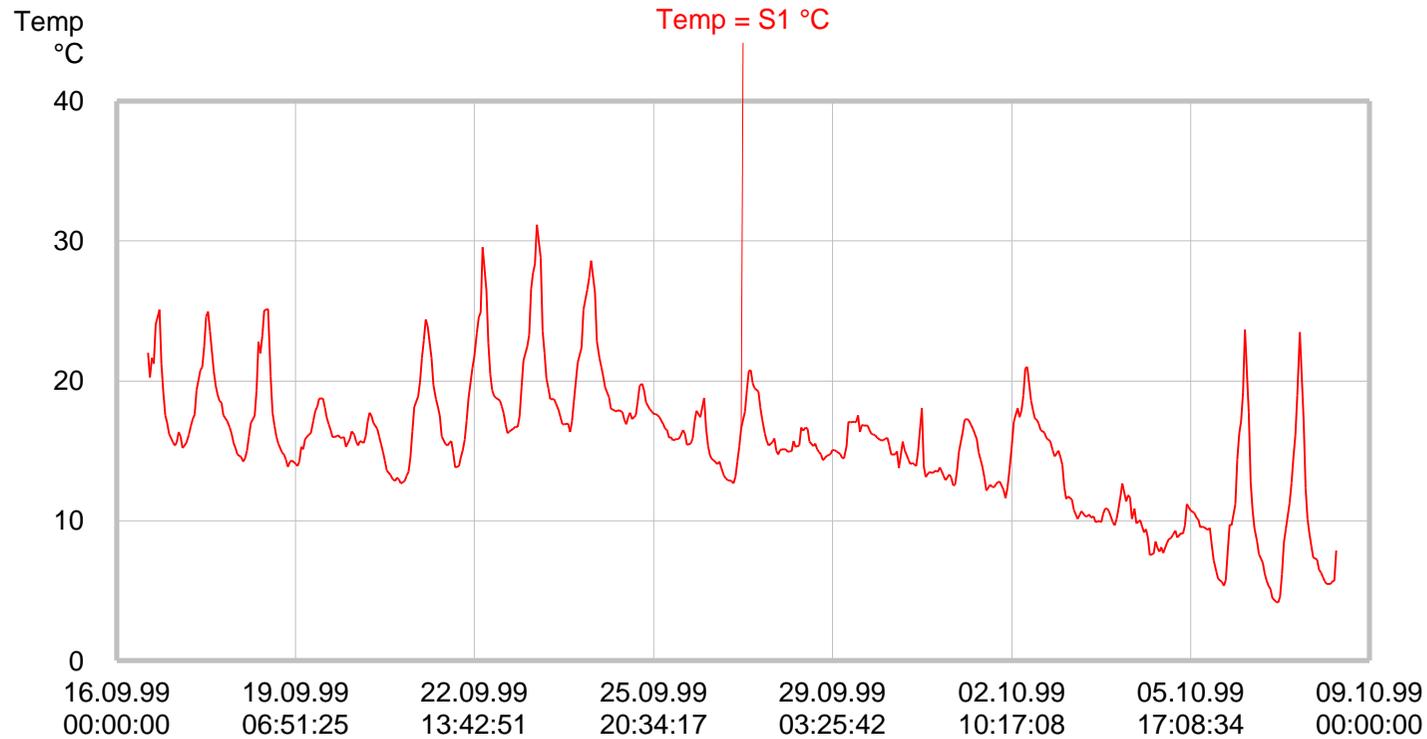
Coca-Cola (26.7. - 30.7.99)



6. Messresultate an Selecta-Automat in Ostermündingen vom 16.9.99 bis 8.10.99

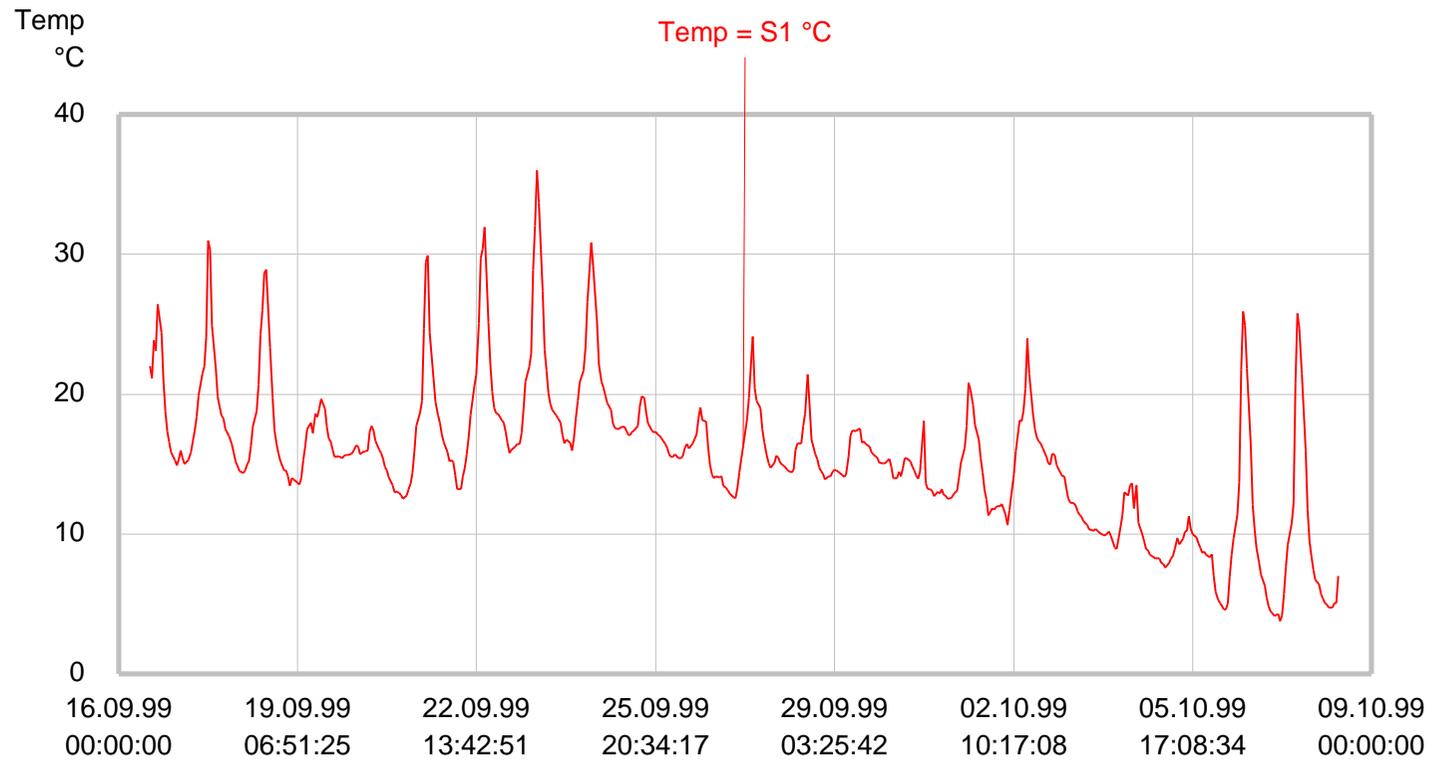
SELECTA Aussentemperatur oben

Object: SELECTTA



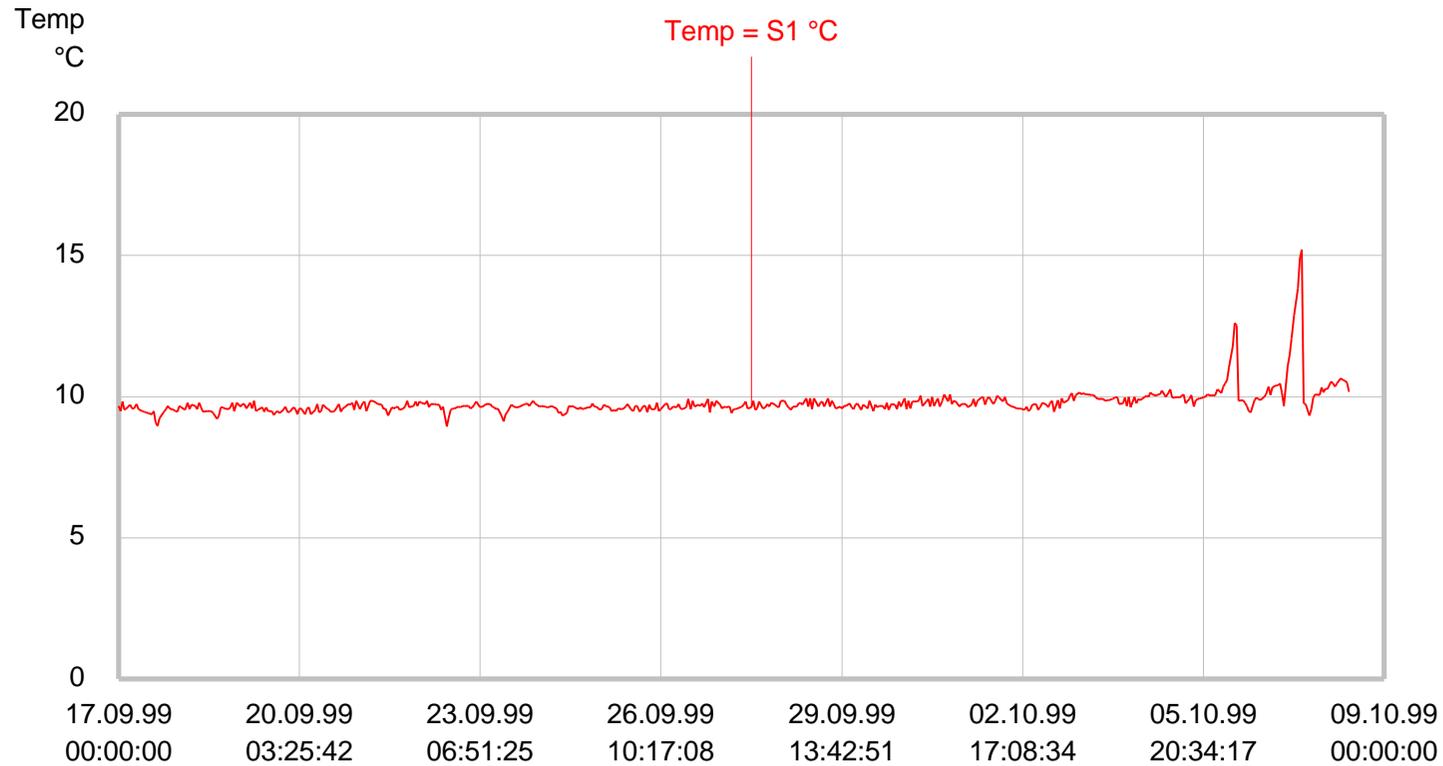
SELECTA Aussentemperatur unten

Object: SELECTTS



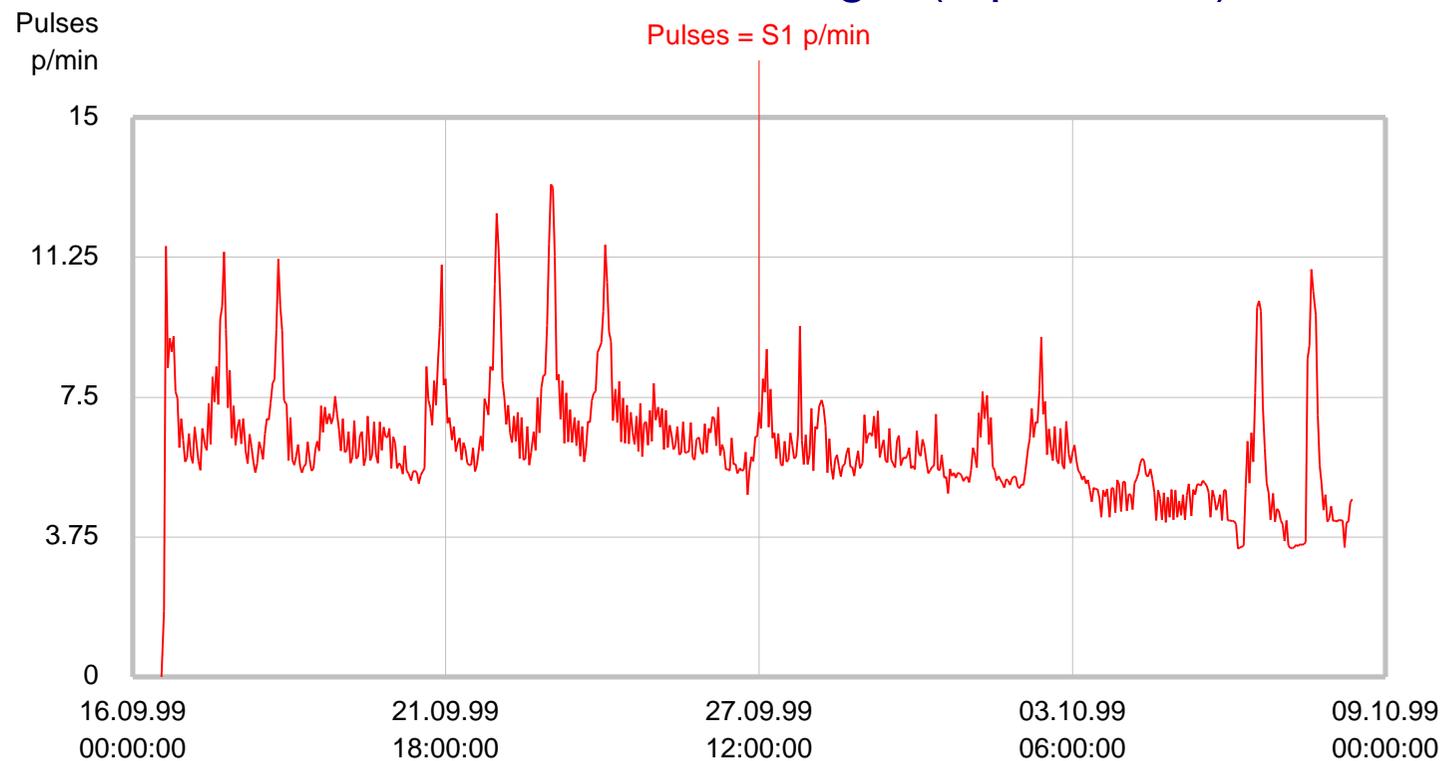
SELECTA Innentemperatur

Object: SELECTTI

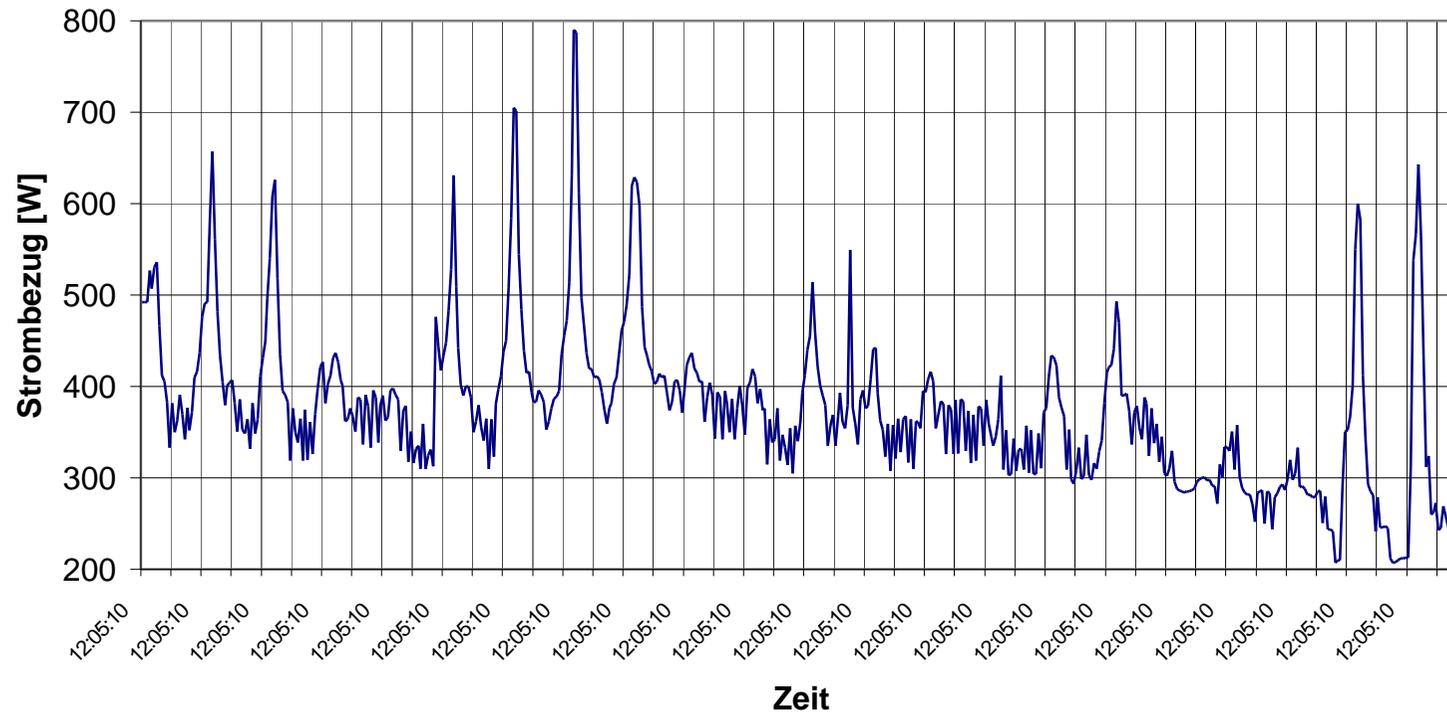


SELECTA Elektr. Energie (1 p = 1 Wh)

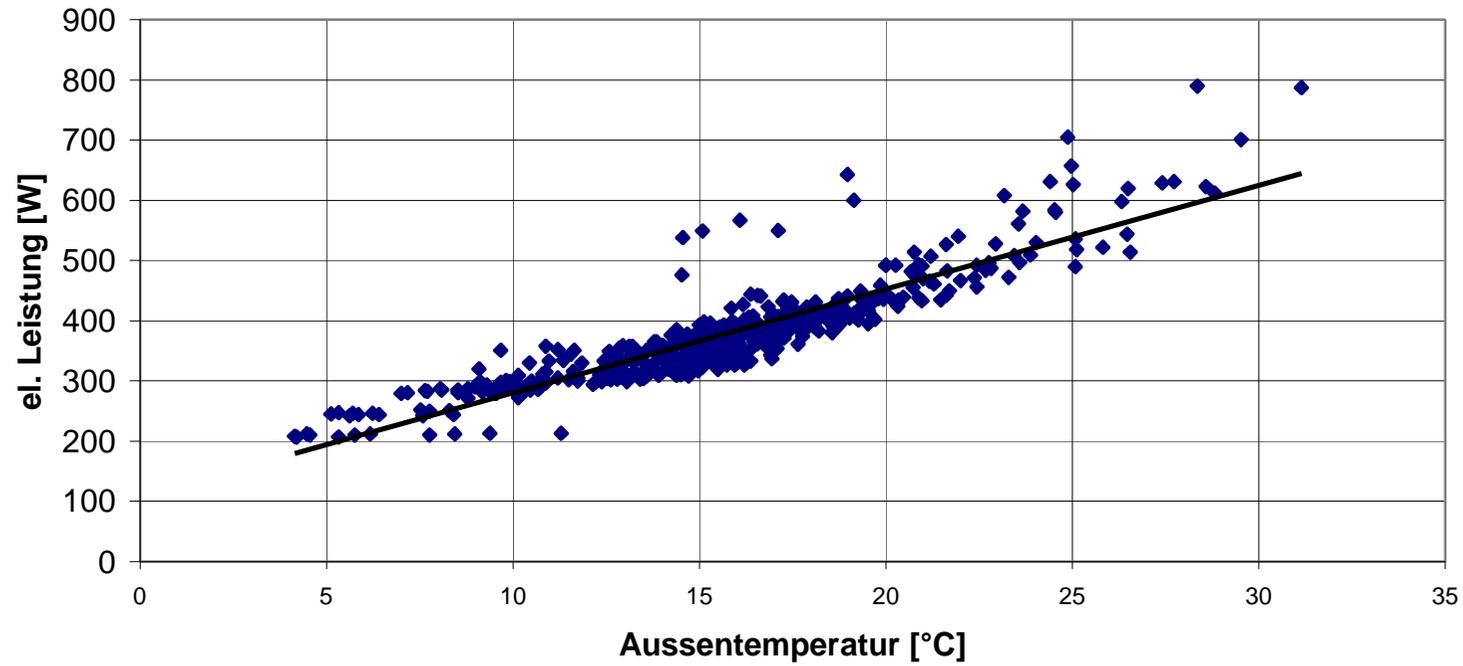
Object: SELECTAS



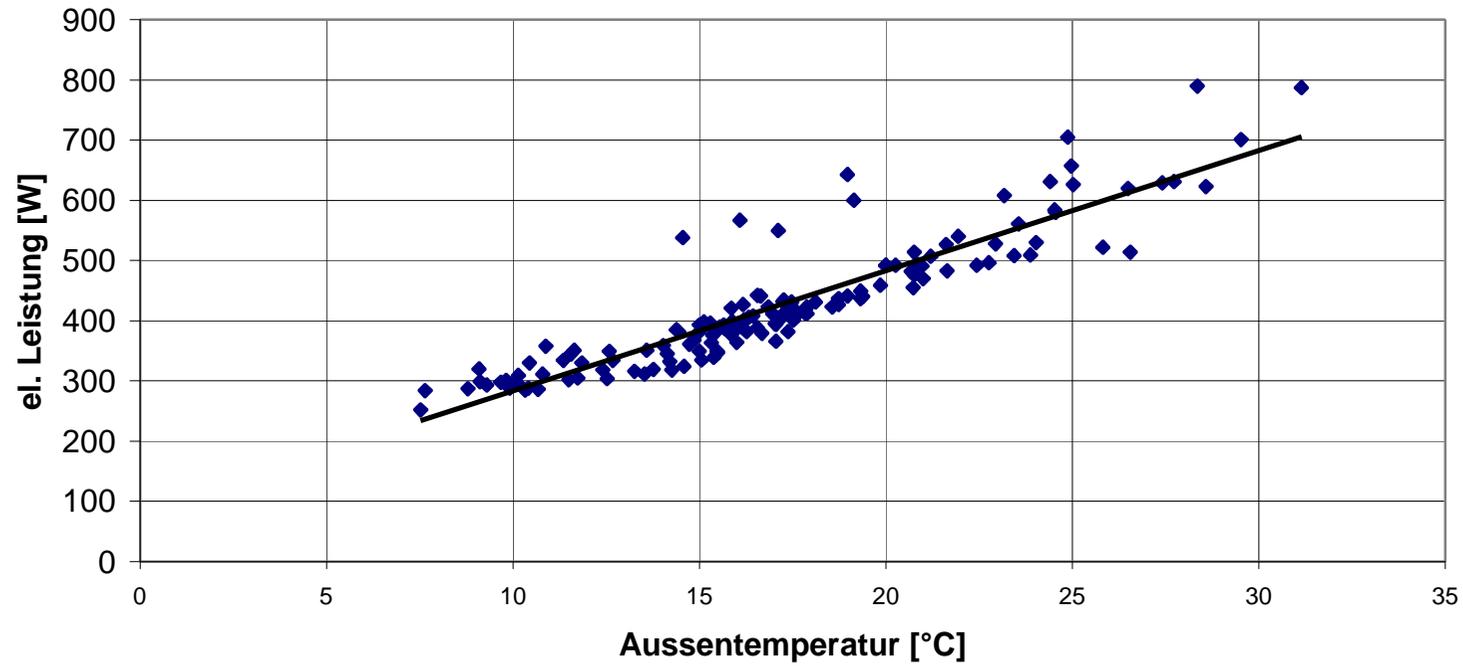
Stromverbrauch Selecta (16.9-8.10.99): 196 kWh



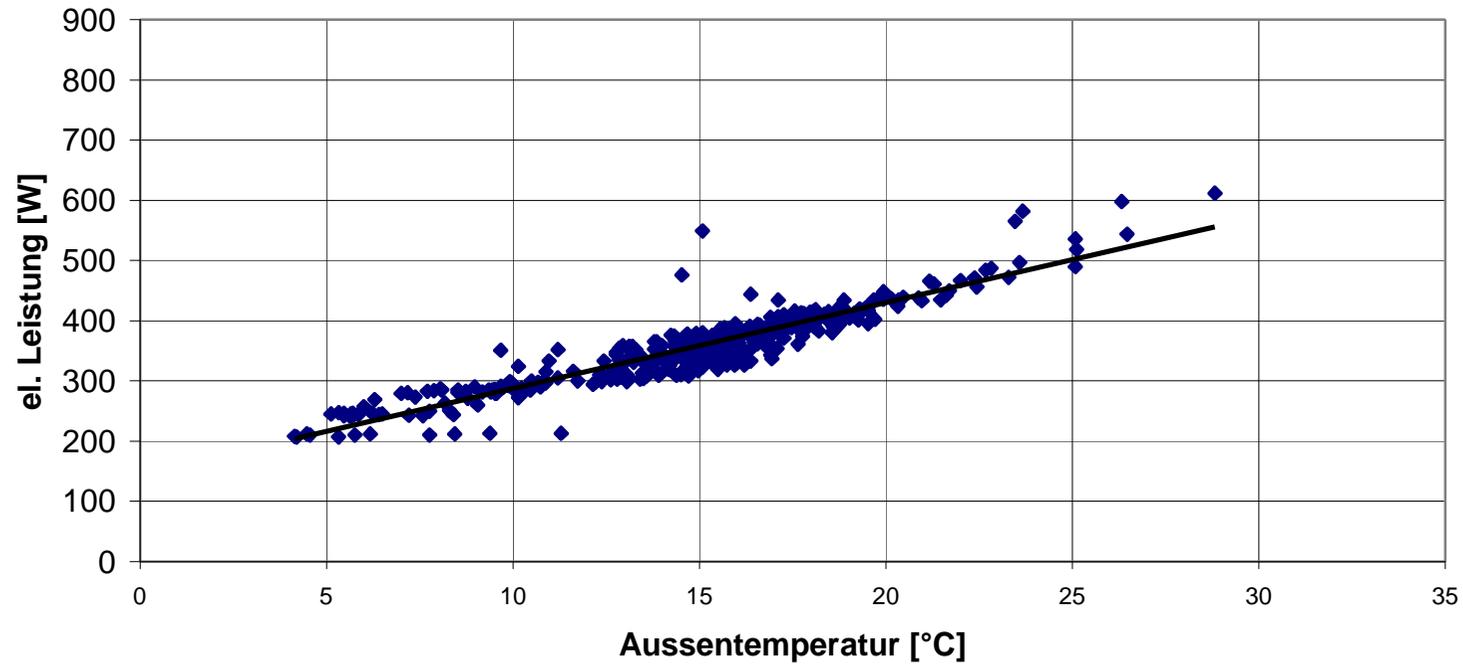
Selecta (16.9.-8.10.99)



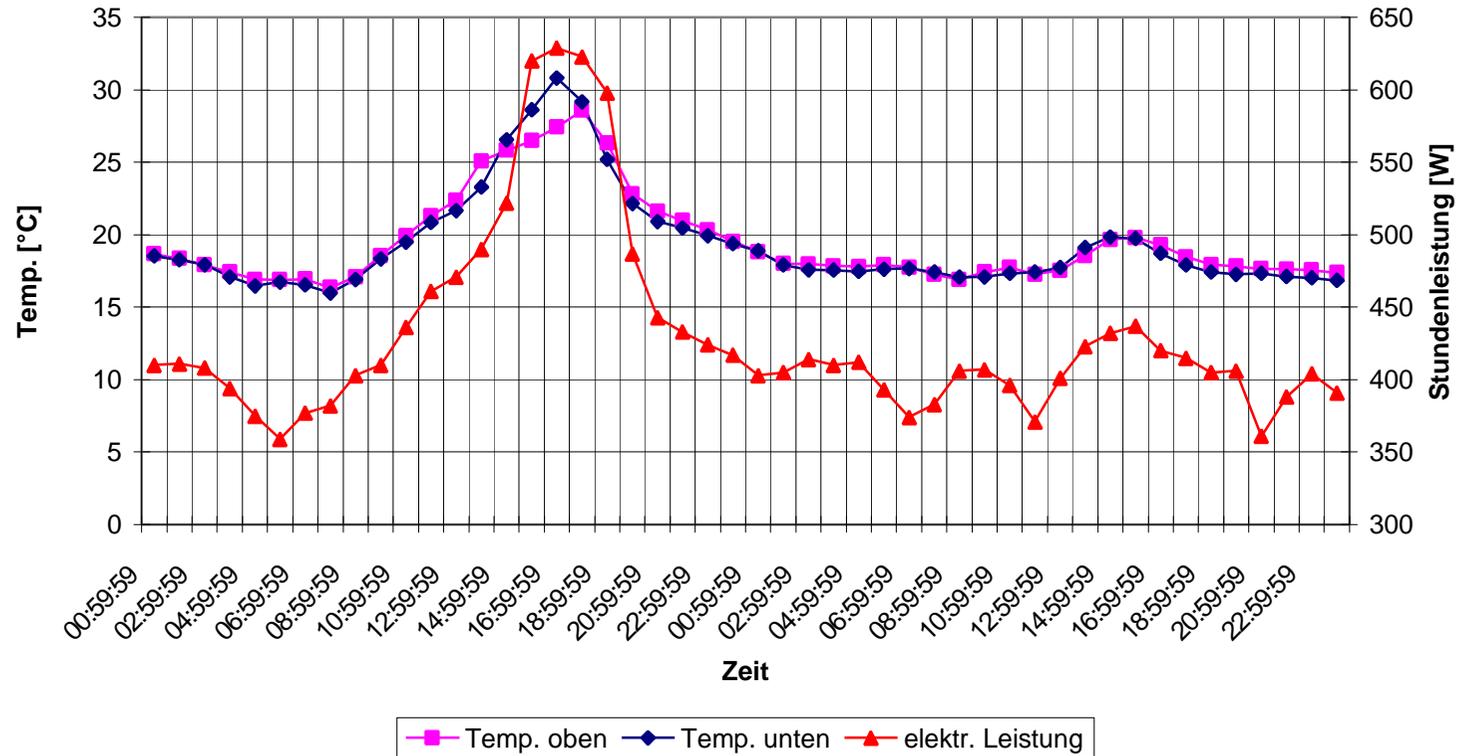
Selecta (16.9.-8.10.99 Sonnenschein)



Selecta (16.9.-8.10.99 kein Sonnenschein)



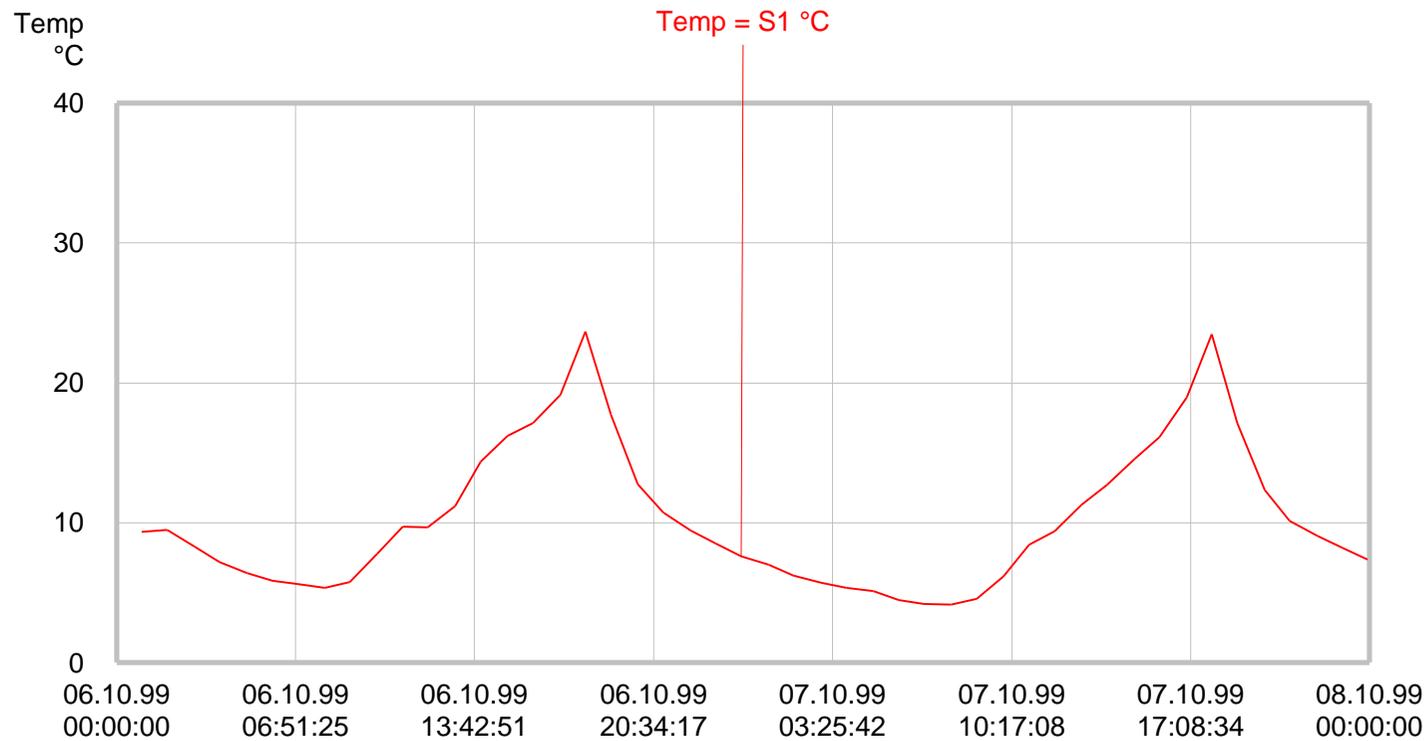
Selecta (24. + 25.9.99)



7. Messresultate an Selecta-Automat in Ostermündingen vom 6.10. bis 8.10.99 bei Ausfall des Kompressors

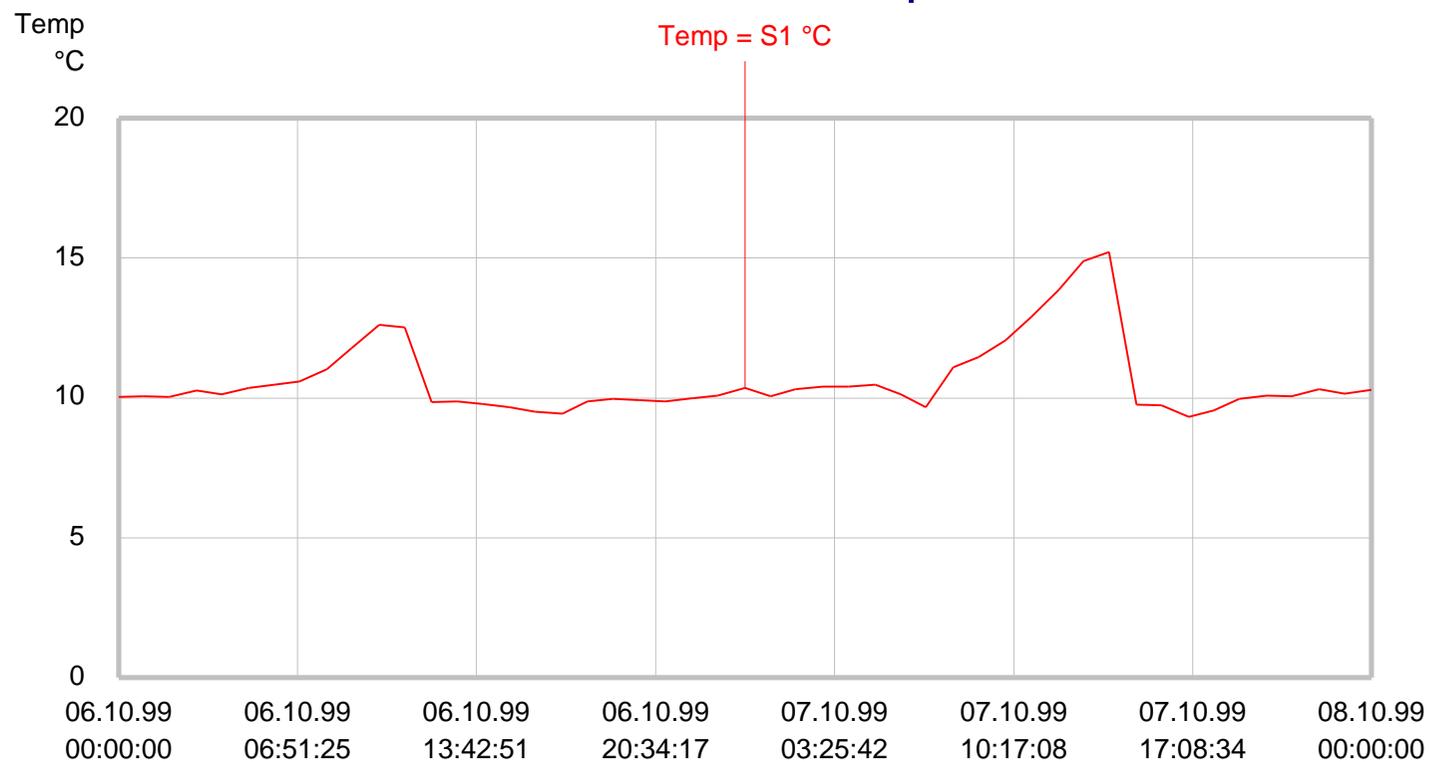
SELECTA Aussentemperatur

Object: SELECTTA



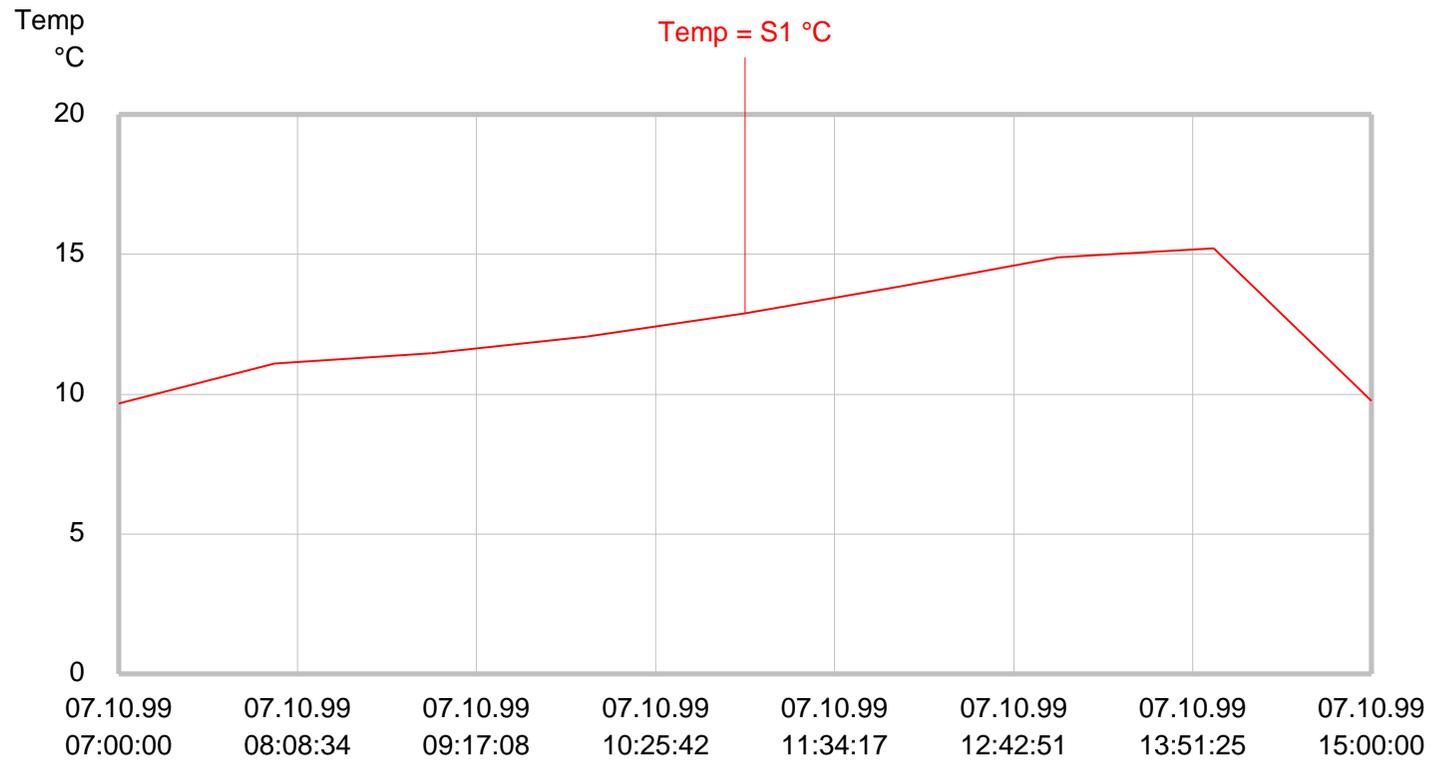
SELECTA Innentemperatur

Object: SELECTTI



SELECTA Innentemperatur

Object: SELECTTI



SELECTA Elektr. Energie (1 p = 1 Wh)

Object: SELECTAS

